

Bemutkozik a BME Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoportja

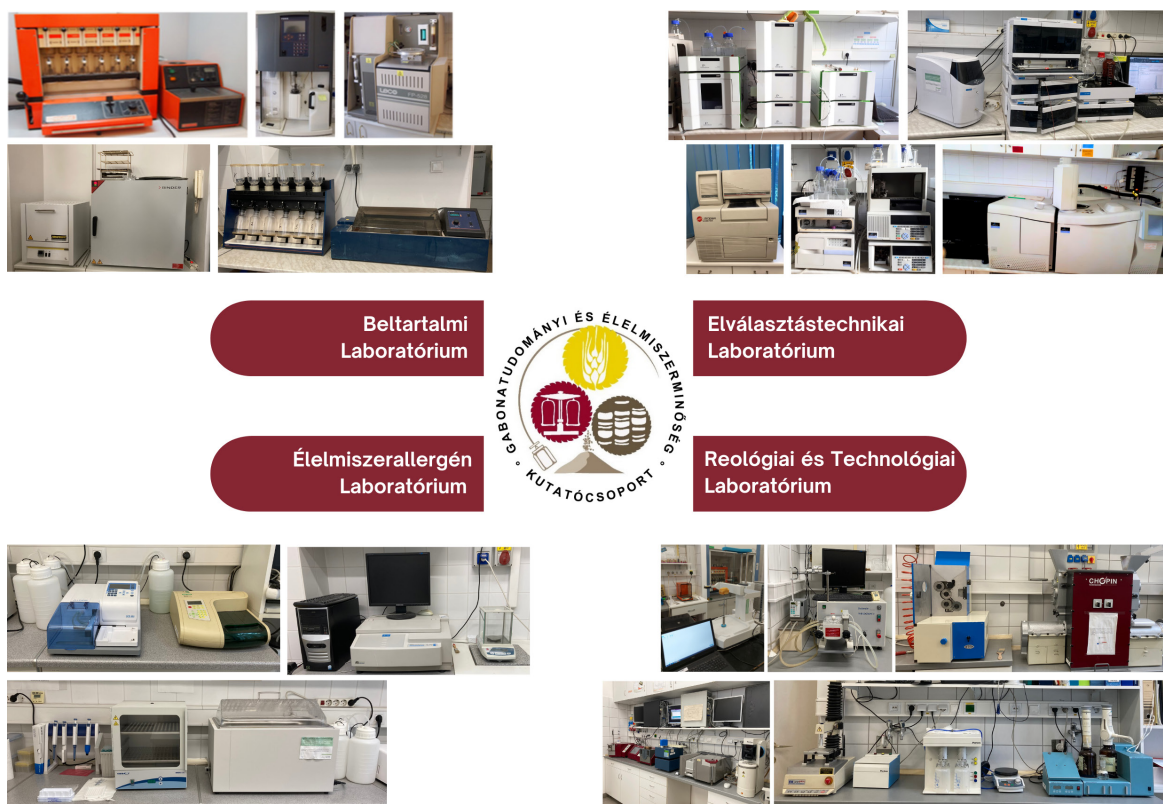
TÖMÖSKÖZI Sándor,^{a,*} JAKSICS Edina,^a JUHÁSZNÉ SZENTMIKLÓSSY Marietta Klaudia,^a
MUSKOVICS Gabriella,^a SCHALL Eszter^a és SZÜCSNÉ MAKAY Erika^a

^a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport,
Szent Gellért tér 4, 1111, Budapest, Magyarország

1. Bevezetés

Kutatócsoportunk az 1990-es évek közepén, a jelenlegi szervezeti egységünk egyik jogelődjén, A BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Biokémia és Élelmiszertechnológia Tanszékén alakult. Más, ebben az időszakban létrejött tanszéki kutatócsoportokhoz hasonlóan célunk volt a szervezeti egységünk alapítása óta meghatározó két tudományterület, a gabonakémia és az élelmiszerminőség működéséhez a folytonosság biztosítása, az elődeink által teremtett szakmai hagyomány továbbvitele. A magyarországi felsőfokú élelmiszertudományi oktatás elindításában és fejlődésében tanszékünk és jogelődjeinek munkatársai döntő szerepet játszottak, az elmúlt több

mint egy évszázad szakmai történéseiről jelent meg összefoglaló [1]. Tanszékünk jelenét és a közeljövő terveit pedig karunk fennállásának 150 éves jubileuma alkalmából megjelent cikkünk összegzi [2]. Most a Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport jelenlegi felépítését, tevékenységét kívánjuk vázlatosan bemutatni. Egyetemi szakmai közösségként természetesen részt veszünk a különböző szintű képzések, oktatási programok kidolgozásában, fejlesztésében, koordinálásában, elsősorban az élelmiszeralitika, élelmiszerbiztonság, élelmiszeripari technológia, laboratóriumi minőségirányítás területén. Ebben az összefoglalóban azonban kutatási profilunkról, a jelen és a közel-múlt néhány tudományos eredményéről adunk áttekintést.



1. ábra. BME ABÉT Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport laboratóriumi egységei

* Főszerző. Tel.: +36 1 463 1419; e-mail: tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu; honlap: <https://abet.vbk.bme.hu/>;
közösségi média: https://www.instagram.com/bme_vbk_abet_biomernok/

Kutatási infrastruktúránkat igyekeztünk úgy alakítani, hogy az általunk művelt szakterületeken az alap és alkalmazott kutatás mellett a felsőfokú oktatásra és a szakmai szolgáltatásra is alkalmas tudásbázis és eszközpark jöjjön létre. Csoportunk négy laboratóriumi egységből épül fel melyek a következők: Beltartalmi Laboratórium, Elválasztástechnikai Laboratórium, Élelmiszerallergén Laboratórium, valamint Reológiai és Technológiai Laboratórium (1. ábra). Laborjaink nemzetközi szinten is korszerű, vagy legalábbis az európai színvonalhoz hasonló műszaki felszereltségű eszközparkkal és működési infrastruktúrával rendelkeznek. Munkatársainkkal tudatosan törekszünk szakmai kapcsolatok, együttműködések kialakítására, közös oktatási és kutatási programok megvalósítására a gabonavertikum és általában az élelmiszertudomány hazai és nemzetközi képviselőivel, oktatási, kutatási és gazdasági szereplővel. A szakmai kompetenciák egymást erősítő hatásának kihasználására, a szakmai színvonal további jobbítását segítő hazai együttműködésre példaként említénénk az idén az NKFIH-tól kiváló minősítést kapott Gabonatudományi Infrastruktúra Hálózat létrehozását, melynek tagjai a HUNREN Agrártudományi Kutatóközpont, a Gabonakutató Nonprofit Kft. Laboratóriumi Egysége, a BME ABÉT NIR Spektroszkópia Csoportja és koordinátorként a BME ABÉT Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoportja.

Az alábbiakban laboratóriumi egységenként haladva mutatjuk be szakmai tevékenységünket és lehetőségeinket.

2. Beltartalmi laboratórium

A beltartalmi laborunk elődje a csoport legrégebbi egysége, 1987-ben jött létre a karunkon akkor állami támogatással kialakított élelmiszer és takarmányvizsgáló laboratórium részeként. Ezt a szakmai profilt képviseljük ma is, a folyamatosan modernizált eszközparkunk elsősorban az élelmiszerek és takarmányok, illetve alapanyagaik legfontosabb, jelölésköteles összetevőinek és jellemzőinek (fehérje, zsír, élelmi rost, nedvesség, hamu, energiatartalom) mennyiségi meghatározását teszik lehetővé. Ezt a fő profilt egészíti ki a klasszikus analitikai eljárásokon (pl. titrálás, fotometria) alapuló módszerek alkalmazása, mint például a lipidek romlási folyamatainak vizsgálata, szénhidrát összetevők (pl. amilóz, rostalkotó β -glükán) mennyiségi meghatározása, antioxidáns kapacitás vizsgálata stb. A rutinszerűen, többségében szabványos módszerekkel végzett vizsgálataink jól illeszkednek a K+F tevékenységünkhöz is, de itt különösen törekszünk arra, hogy erőforrásainkat kutatási és analitikai szolgáltatásként is hasznosítsuk.

3. Elválasztástechnikai laboratórium

Az elválasztástechnikai laboratórium eszközparkját és alkalmazott módszereit a fent felvázolt kutatási profilhoz igyekszünk igazítani. A jelenleg rendelkezésre álló folyadék- és gázkromatográfiás, gél és kapilláris elektroforetikus berendezéseket, a mintaelőkészítő eszközöket elsősorban a makromolekulák (fehérjék, keményítő és nem keményítő

szénhidrátok, rostok) összetétel és fizikai-kémiai tulajdonságok (méret, hidrofóbitás) alapján történő jellemzésére alkalmazzuk. Az elmúlt években a táplálkozási és élelmiszerbiztonsági szempontból is fontos rövid szénláncú szénhidrátok és zsírsavak jellemzésével is foglalkoztunk.

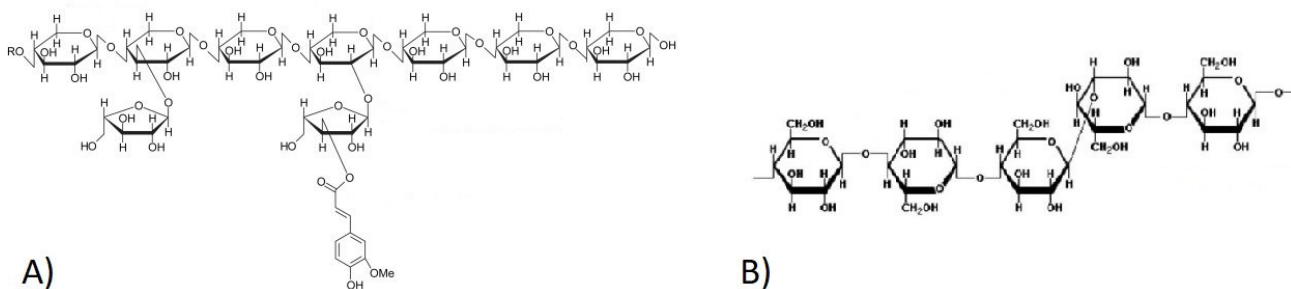
Az alábbiakban néhány jelenleg futó kutatási területet mutatunk be röviden.

3.1. Rostanalitika

Az élelmiszerek és gabonák vizsgálata, minősítése az összetett és feldolgozás/tárolás hatására változó összetételi és fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkező mintamátrix miatt jelentenek komoly kihívást. Kutatócsoportunkban az élelmiszeralkotó makromolekulák (fehérjék, keményítő, rostösszetevők) és a rövid láncú szénhidrátok részletes jellemzése az elválasztástechnika részlegen történnek.

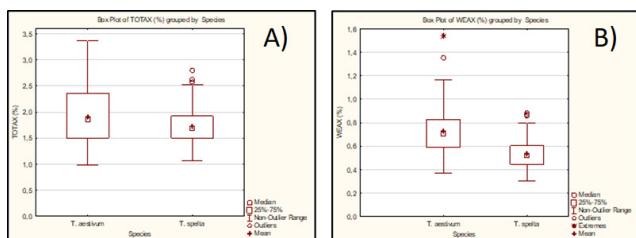
A táplálkozási szempontból kedvező hatású élelmi rostok vizsgálatának célja a rostalkotók összetételében és fizikai-kémiai tulajdonságaiban megjelenő változékonyság leírása, a rostjellemzők feldolgozási folyamatok során bekövetkező változásának követése, általánosságban a rostok élelmiszermátrixok tulajdonságainak alakításában betöltött szerepének tanulmányozása, megértése. Ezek az információk segítenek feltárni a rostok szerepét az alapanyagok technológiai viselkedésében és táplálkozási értékének meghatározásában.

Az élelmi rostokat a humán elsődleges emésztőrendszer nem képes hasznosítani, viszont kedvező hatásuk van az emésztésre. Alapvető szerepük, hogy iniciálják a bélmozgást, szabályozzák a bélperisztaltikát, ezzel a tápanyag tartózkodási idejét, valamint a vastagbél mikroflórájának tápanyagául szolgálnak, így növelve annak diverzitását és egészségre gyakorolt hatását. A mikrobiom anyagcsere termékei közül a rövid láncú zsírsavak a vastagbélből visszaszívódnak és hasznosulnak a szervezetben. A gabonák legfontosabb élelmirost összetevői az arabinoxilánok és a β -glükánok (2. ábra). A heteropolimer arabinoxilánok alapváza β -1,4 glikozidos kötésekkel kapcsolódó β -D-xilopiranoz egységekből épül fel és ehhez szubsztituensként α -L-arabinofuranozil csoportok kapcsolódhatnak. A teljes arabinoxilán tartalmat (TOTAX) oldhatóság szempontjából két csoportba oszthatjuk: vízdoldható (WEAX) és vízdoldhatatlan arabinoxilánok (WUAX). A két csoport jellemzői a gabonaszemen belüli eloszlásuktól is függenek az A/X arányban és a polimerek lánc hosszában és térszerkezetében is eltérhetnek, ezáltal fizikai kémiai tulajdonságaik és biológiai funkcióik is részben eltérőek lehetnek. A β -glükánok elágazásmentes lineáris homopolimerek, a glükózmolekulák β -1,4-glikozidos kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz cellotriozil és cello-tetraozil egységek kialakításával, amiket β -1,3-glikozidos kötések kapcsolnak össze. A molekulaméret és a szerkezet, a vegyes kötés aránya az egyes gabonákban, illetve azok frakcióiban, szöveteiben eltérő lehet.



2. ábra. A) az arabinosilánok [3] és B) a β -glükánok szerkezete [4]

A közelmúltban zárult négyéves OTKA 135211 és OTKA 135343 alaputatásban a Magyar Kutatási Hálózat (HUNREN) martonvásári Agrártudományi Kutatóközpont (ATK) Mezőgazdasági Intézetével (MGI) együttműködve a tönkölybúza részletes összetétele és technológiai jellemzését tűztük ki célul. A célkitűzés mögött álló alap gondolat az volt, hogy bár a változatos és egészségtudatos táplálkozás jegyében több állítás is megfogalmazódik a tönkölybúzával kapcsolatban, viszont ezeket alátámasztó tudományos eredmények még hiányosak. Térképező vizsgálatok keretén belül 187 tönköly- (*Triticum spelta*) és összehasonlításként 80 kenyérbúza (*Triticum aestivum*) fajta és nemesítési vonal rostösszetételét vizsgáltuk. Az eredmények alapján látható, hogy a tönkölybúza rostösszetételei változékonysága nem sokkal marad el a kenyérbúzáéhoz képest, viszont a medián rendszerint alulmarad a modern kenyérbúza fajtákhoz képest (3. ábra).

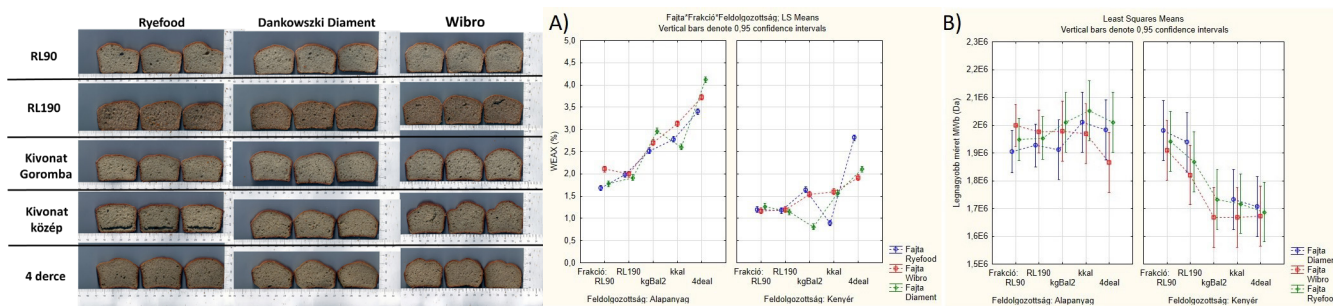


3. ábra. Kenyérbúza (*T. aestivum*) és tönkölybúza (*T. spelta*) fajták A) TOTAX és B) WEAX box plot vizsgálata (Kutatócsoport eredményei, [5])

A tönköly pelyvás szemtermése miatt ellenállóbb a környezeti hatásoknak, így használata indokolható az organikus

gazdálkodásban - megfelelő fajtaszelekciót követően. Az organikus és a „modern”, nagyüzemi termesztés összetételre és minőségre gyakorolt hatásának összehasonlítására azonban nagyon kevés adat áll rendelkezésre. Az organikus és a konvencionális termesztés vizsgálatai során olyan fajtákat kerestünk, amik stabilan kedvezően nagyobb rosttartalmú és kedvezőbb hozamú termést tudtak elérni. A négy évjárat és két termesztési körülmény eredményeit ANOVA statisztikai módszer segítségével elemeztük. Az eredmények azt mutatták, hogy a termesztés közvetlenül nem befolyásolja a rostösszetételt, vagyis az általunk vizsgált tönköly fajták képesek organikus termesztési körülmények között is hasonló rostösszetételű jó minőségű termést adni.

Az élelmi rostok jellemzésének másik példáját a rozs humán célú hasznosításának fejlesztését célzó kutatási programunkból hozzuk (2017-1.3.1-VKE-2017-00004). Az alapanyag vizsgálatokon túl a fogyasztóhoz eljutó termékek összetételének ismerete alapvető fontosságú. Fajtaazonos rozsok különleges malmi frakcióinak összetétele leírása során vizsgáltuk az alapanyagban lévő rost mennyiségi és minőségi változását a sütőipari termékkészítés hatására. A teljes arabinosilán tartalmat a feldolgozás nem befolyásolta, viszont a termékekben a vízoldható arabinosilán tartalom mennyisége csökkent és a molekulaméret eloszlásban is történtek változások (4. ábra). A sütőipari termékkészítés (dagasztás, kelesztés, sütés) komplex hatására a rostok oldhatósági tulajdonságai csökkentek, de a fajtákból adódó változékonyság és a különleges frakciók egyedi tulajdonságai jelentősen befolyásolják az eredményeket [6]



4. ábra. Fajtaazonos rozs fajták frakciói és azokból készült kenyerek rostösszetételét ábrázoló LS Means diagramok. A) WEAX és B) legnagyobb molekulaméret. (A pontok önálló értékek, a köztük lévő szaggatott vonal csak a változások mértékének követhetőségét szolgálják) [7].

3.2. Gabonák és élelmiszerek rövid láncú szénhidrát összetételére irányuló kutatások

A gabonák szemtermései kis mennyiségben rövid láncú szénhidrátokat tartalmaznak. Ezek egy bizonyos csoportjának fogyasztása az irritábilis bélszindrómával (IBS) élőknel kellemetlen tüneteket okoznak. Ez a csoport a fermentábilis oligo-, di-, monoszacharidok, valamint cukoralkoholok – röviden FODMAP-összetevők. Az IBS fogyasztók számára élelmiszerbiztonsági kérdés az élelmiszerek pontos összetételének ismerete. A FODMAP-ok meghatározása az összes rövid láncú szénhidráttal együtt történik két egymást kiegészítő folyadékromatográfiás és egy enzimikus módszerrel. Az oligoszacharidok elválasztása hidrofób kölcsönhatáson alapuló módszerrel, míg a monoszacharidok ligandumcseréről kromatográfiával határozhatók meg. Minkét esetben a szénhidrátok detektálása fényszóródásos detektorral (evaporate light scattering detector, ELSD) történik. A fruktán tartalom Megazyme Fructan HK enzimikus módszerrel és UV spektrométerrel állapítható meg [8].

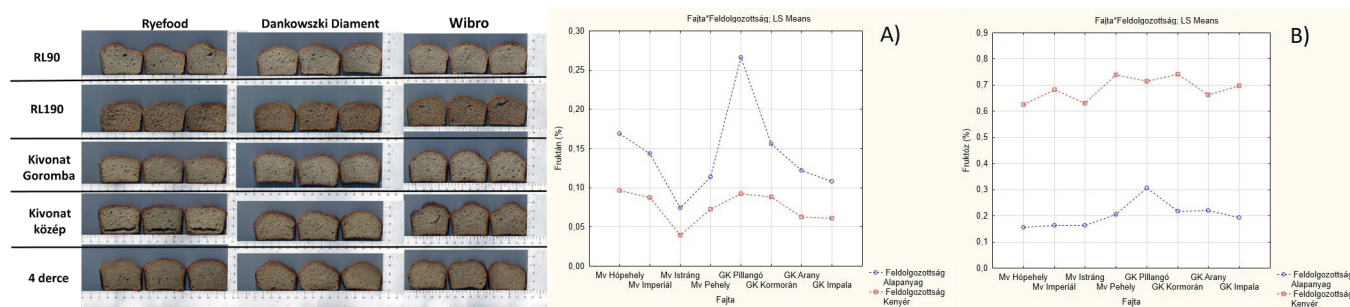
Az irodalomban a búza, rozs és zab FODMAP-összetételének fajták közötti változékonyságáról kevés információ található. A búza és a rozs a magas FODMAP-tartalmú, IBS fogyasztóknak nem ajánlott alapanyagok közé sorolandók, még a zab alapvetően alacsony FODMAP-tartalommal rendelkezik és beépíthető a FODMAP-diétába. Saját mérési eredményeink azt mutatták, hogy a fajok és a fajták közötti változékonyság jelentős és alacsonyabb FODMAP-tartalommal rendelkező fajták is azonosíthatók, melyek felhasználhatók lehetnek célzott nemesítés során.

A fajtaazonos rozskok különleges malmai frakciói között is sikerült azonosítani magas rosttartalom mellett is alacsonyabb FODMAP-tartalommal rendelkező tételket. A vizsgált zabfajtáink mindegyikére jellemző volt az alacsony FODMAP-tartalom [9]. A termékkészítés során bekövetkező változásokat is tanulmányoztuk (5. ábra). A feldolgozás hatására értelemszerűen a fruktántartalom csökkent, fruktóztartalom nőtt, de jelentősen az ajánlott érték alatt maradt. Ezek ismeretében összegezhető, hogy ezek a zabfajták stabilan megfelelnek a speciális diéta kritériumainak.

Kísérleteket végeztünk a FODMAP-összetétel fermentáció (kovászos erjesztés) hatására bekövetkező változások tanulmányozására is. Különböző starter kultúrák alkalmazása során megállapítottuk, hogy az eltérő enzimaktivitások következtében jelentős különbségek írhatók le az összetételben, mint például a fruktán bontás hatékonysága és a mannitol akkumuláció jelensége [10]. Jelenleg a FODMAP szempontjából kritikus hüvelyes szemtermékek és belőlük készült termékek vizsgálata folyik.

4. Élelmiszerallergén Laboratórium

A kutatócsoportunk legfiatalabb egysége az élelmiszer allergének és érzékenységet kiváltó összetevők meghatározására specializálódott laboratórium, amelyben elsősorban immunanalitikai módszerekkel dolgozunk. Az allergén laborban a többi egységtől elkülönítve, a keresztszenyeződések kockázatát csökkentve végzünk rutin ELISA vizsgálatokat, és a kutatási tevékenységünkhöz kapcsolódó mintakezelési műveleteket.



5. ábra. Nyolc magyar zabfajta A) fruktán és B) fruktóz eredményei az alapanyagban és abból készült termékekben (A pontok önálló értékek, a közöttük lévő szaggatott vonal csak a változások mértékének követhetőségét szolgálják) [7].

4.1. Gluténanalitika, referenciaanyag fejlesztés

A kutatási projektekben – csoportunk profiljának megfelelően – elsődlegesen gluténanalitikával, a gluténanalitika feltételrendszerének továbbfejlesztésével foglalkozunk. Ezen belül is fő kutatási irányunk a gluténtartalom meghatározásának megbízhatósága szempontjából kulcsfontosságú referenciaanyag jelölt mátrixok fejlesztése.

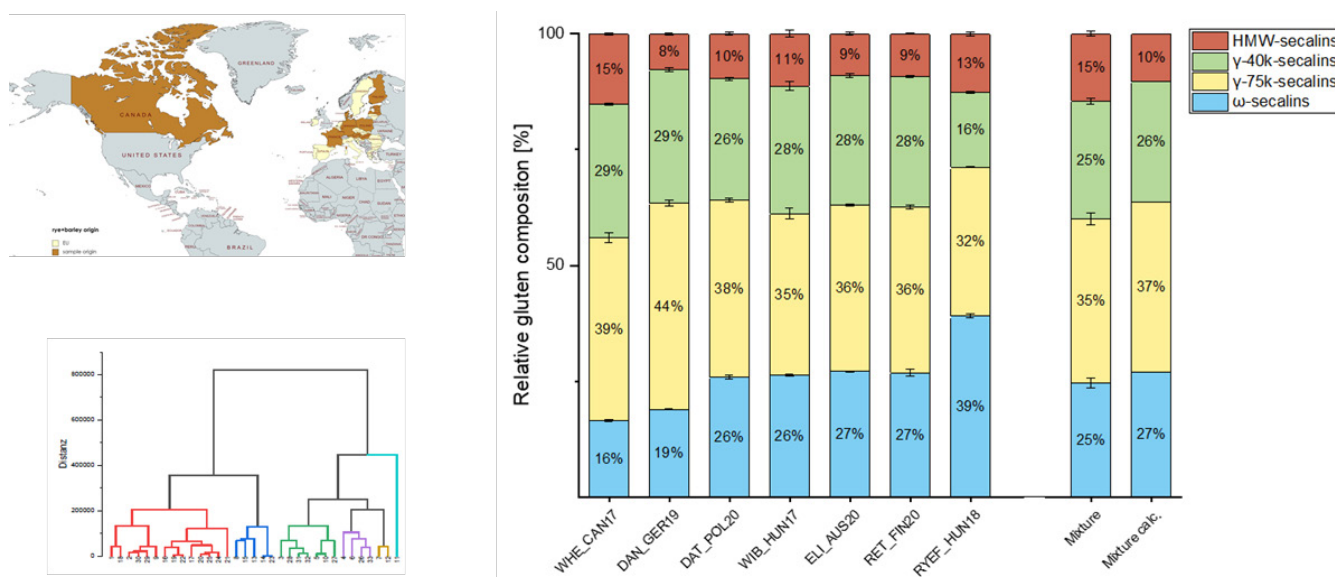
Ebbe a munkába kutatócsoportunk 2008-ban, a MoniQA Kiválóságárhálózat Allergén Munkacsoportjának tagjaként kapcsolódott be glutént tartalmazó, feldolgozott mátrix alapú referencia anyag jelölt modelltermékek kidolgozásával.

A nemzetközi kutatás keretei között munkatársainkkal először búza alapú referenciaanyag fejlesztéssel kezdtünk el foglalkozni, melynek során a világ meghatározó búzatermő területeiről begyűjtött 23 búzafajta fehérje összetételét és gluténtartalmát jellemeztük és hasonlítottuk össze immunanalitikai és elválasztástechnikai módszerekkel. A minták közül 5 fajta kiválasztásával sikerült egy olyan reprezentatív lisztkeveréket előállítani, amely megfelelően modellezte a búzafajták sokaságának fehérjeprofili változékonyságát. A fajták mellett különböző évjáratok vizsgálatára is sor került a környezeti változékonyság feltérképezésére. Az eredmények alapján a reprezentatív lisztkeverék alkalmazásával a

genetikai és környezeti változékonyság által okozott mérési hiba jelentősen csökkenthető [11], [12], [13], [14], [15], [16].

Jól ismert azonban, hogy a búza mellett a rozs és az árpa fehérjei is felelősek a cöliákia kialakulásáért. Így a jelenleg folyamatban lévő kutatómunkánk célja rozs és árpa alapú referenciaanyag célú mintamátrix fejlesztése. Ehhez a korábban a búzánál alkalmazotthoz hasonló kísérlettervet állítottunk össze. A világ jellegzetes termőhelyeiről jellemző rozs és árpa fajtákat gyűjtöttünk össze és elvégeztük ezek fehérjeprofíl jellemzését RP-HPLC, SE-HPLC és SDS-

PAGE módszerekkel, valamint a gluténtartalom immunanalitikai meghatározását R5 és G12 ELISA módszerekkel. A kísérletek során 57 rozs- és 123 árpafajtát vizsgáltunk. A reprezentatív fajták kiválasztásának szempontjai a fehérjeösszetétel, a származási hely és a fehérjék méret szerinti eloszlásában megfigyelt különbségek voltak. A mért eredmények alapján klaszteranalízis segítségével 7 rozs és 8 árpafajtát választottunk ki a referenciaanyag jelölt keverékek előállításához, amelyek fehérjeprofíljuk jól reprezentálja a sokaságban mérhető változékonyságot és ezt vizsgálataink is igazolják (6. ábra) [17], [18].



6. ábra. Rozs fajták kiválasztása reprezentatív lisztkeverék előállításához, a kiválasztott fajták gluténfehérje összetételének összehasonlítása a reprezentatív lisztkeverék eredményeivel [19]

További nagy kérdés, hogy a referenciaanyag jelölt milyen formában (mátrixban) szolgáltatható megbízhatóbb analitikai eredményeket. Ennek megválaszolása érdekében jelenleg az előállított lisztkeverékeket közvetlenül, illetve belőlük készített fehérje izolátumok formájában is teszteljük többféle ELISA módszer kalibrálóanyagaként [19], [20].

4.2. A feldolgozás hatásának vizsgálata a glutén mennyiségi meghatározásának megbízhatóságára

A referenciaanyag fejlesztés kiegészítéseként a glutén analitika megbízhatóságának egy másik problémakörével is foglalkozunk. Nevezetesen azzal, hogy az élelmiszerelőállítás során alkalmazott műveletek, biológiai (pl. kelesztés, fermentáció), fizikai (pl. hőkezelés, sütés) és kémiai (pl. hidratálás, más élelmiszeralkotók jelenléte stb.) hogyan befolyásolja a gluténanalízis megbízhatóságát. Jelenleg a sütőipari termék előállítás során meghatározó fermentációs folyamat, a kovászolás hatását vizsgáljuk. A kovászolás során a makromolekulák, így a fehérjék is részlegesen bomlanak, ami egyrészt a gluténfehérjék túlerzékenységi reakciókat kiváltó toxikus epitópjai szempontjából, másrészt a gluténtartalom meghatározás szempontjából is érdekes kérdés.

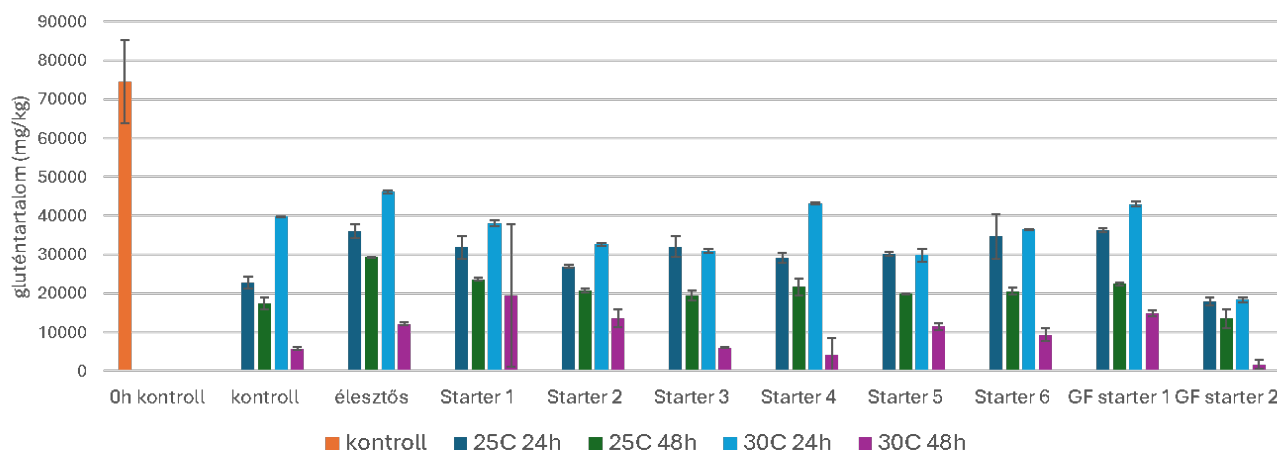
A kísérleteinkben különböző, kereskedelmi forgalomban elérhető kovász starter kultúrák hatásait hasonlítottuk össze starter nélküli kontroll, pékésztővel kezelt kontroll és egy tejsavbaktérium kultúrával kezelt minta eredményeivel kontrollált fermentációs modellben. A fehérjebomlás folyamatát kromatográfiás módszerekkel (SE-HPLC és RP-HPLC), a gluténtartalom változását R5 és G12 antitesteket alkalmazó ELISA mérésekkel követtük nyomon. A modellrendszerünkben a referenciaanyag fejlesztés során előállított reprezentatív rozsliszt keveréket alkalmaztuk, hogy az eredményeink a lehető legjobban reprezentálják a rozslisztre általánosan jellemző változásokat.

A két eltérő célepitópot (meghatározott aminosav sorrendű fehérjeszakaszt) alkalmazó ELISA vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy az eltérő fermentációs körülményekben lejátszódó részleges fehérjebomlás együtt jár-e a túlerzékenységi reakciókat kiváltó epitópok mennyiségének érdemi csökkenésével. A kidolgozott egységes modellrendszerben végzett kísérleteink során az alkalmazott kromatográfiás és immunanalitikai módszerekkel azt bizonyítottuk, hogy bár a részleges fehérjebomlás a vártan

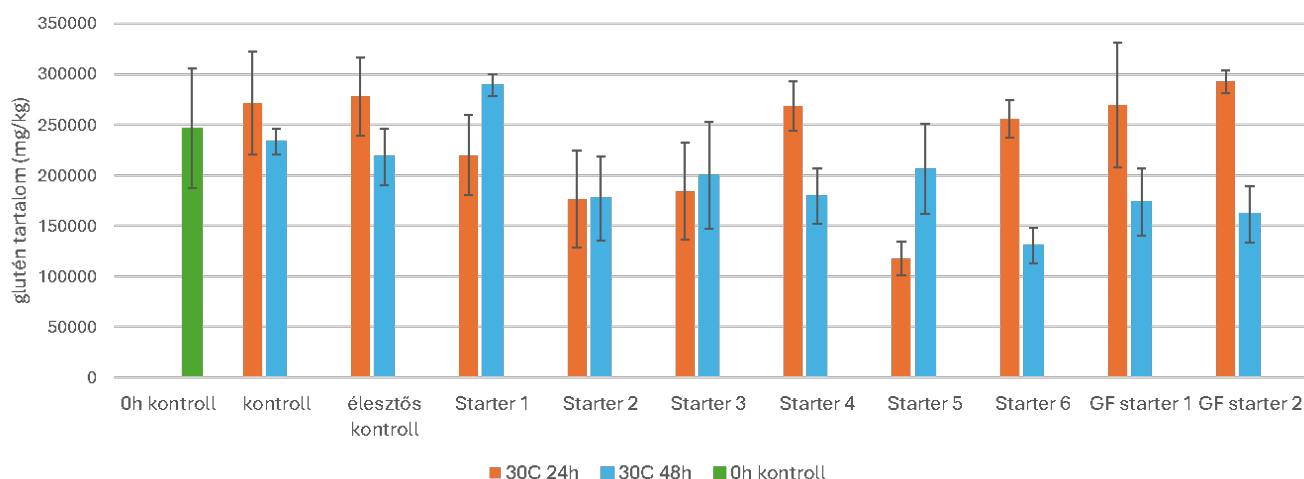
megfelelően lejátszódik, az ELISA módszerekkel meghatározható gluténtartalom, tehát a vizsgált toxikus epitópok mennyisége nem csökkent az általunk alkalmazott fermentációs eljárás során (7. ábra). Az eredményeink azt bizonyították, hogy bár a fehérjebomlás jelentős, annak mértéke

nem elegendő a toxikus határértékek közelítéséhez. A kapott adatok arra is felhívják a figyelmet, hogy a változások mértéke jelentősen függ a fermentáció körülményeitől és az alkalmazott startertől, vagyis az adott kovászban található mikroba kultúra összetételétől.

Összes glutén tartalom RP-HPLC



R5 ELISA



7. ábra. Kontrollált fermentáció hatása rozsliszt gluténfehérjéire. A kromatográfias módszerrel meghatározott összes gluténtartalom szignifikáns csökkenése az eredmények alapján nem jelenti automatikusan az R5 ELISA módszerrel detektálható toxikus epitópok számának csökkenését

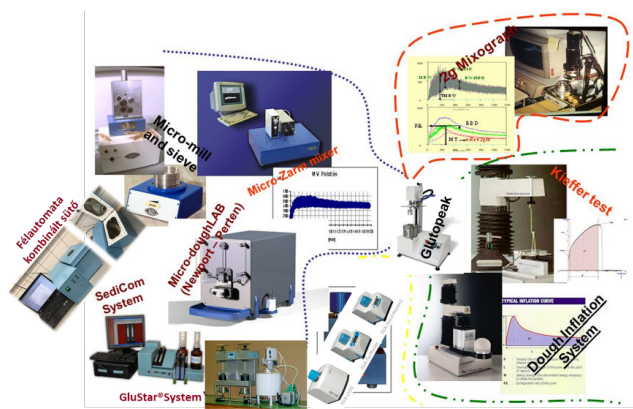
A különböző kovász starterek összehasonlítása során az eredmények azt mutatták továbbá, hogy nem lehet úgy általában kovászolásról és annak hatásairól beszélni, hiszen ezek a hatások jelentős mértékben függenek a starterkultúrák mikrobiális összetételétől. Különbséget tudunk kimutatni az élesztős, illetve a tejsavbaktérium kultúrával kezelt minták fehérjebomlási folyamatai között, melyet a későbbiekben részletes mikrobiológiai vizsgálatokkal szeretnénk megerősíteni [21].

5. Reológia és Technológia Laboratórium

A gabonaminőség fogalma és tartalma gyakorlatilag a 20. század elejéig elsősorban a termesztési mutatók alakulására, a tisztaságra és a termékből készült élelmiszerek minőség-

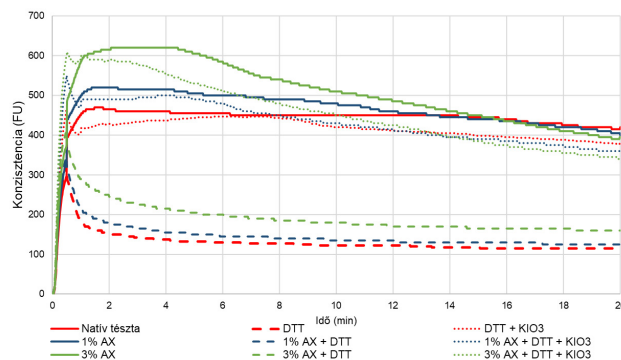
gének érzékszervi megítélésre korlátozódott. A malomipar, majd később a sütőipar közép-, majd nagyüzemi méretűvé válásával a minőség, ezen belül is elsősorban a búzaminőség fontos kérdéssé vált [22]. Így megindultak a táplálkozási érték javítását, majd a technológiai fejlesztéseket elősegítő és a technológiai 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. síkértartalom, síkererősség, dagasztási tulajdonságok meghatározása) kialakítása, melyben a magyar kutatók a kezdetektől világviszonylatban is úttörő szerepet játszottak [23].

Jelenleg a kutatócsoport korábbi tevékenységének is köszönhetően a megépített saját műszereket más gyártók be-
rendezéseivel kiegészítve, nemzetközi léptékben is jelen-
tősnek mondható olyan búza-, gabona- és termékminősítő
kapacitást sikerült kialakítanunk, melynek különlegessége,
hogy a nagyobb mintamennyiséget igénylő, többségében
szabványos vizsgálati módszerek alkalmazása mellett le-
hetséges a kis mennyiségű minták reológiai és végtermék-
tulajdonságainak jellemzése is (8. ábra).



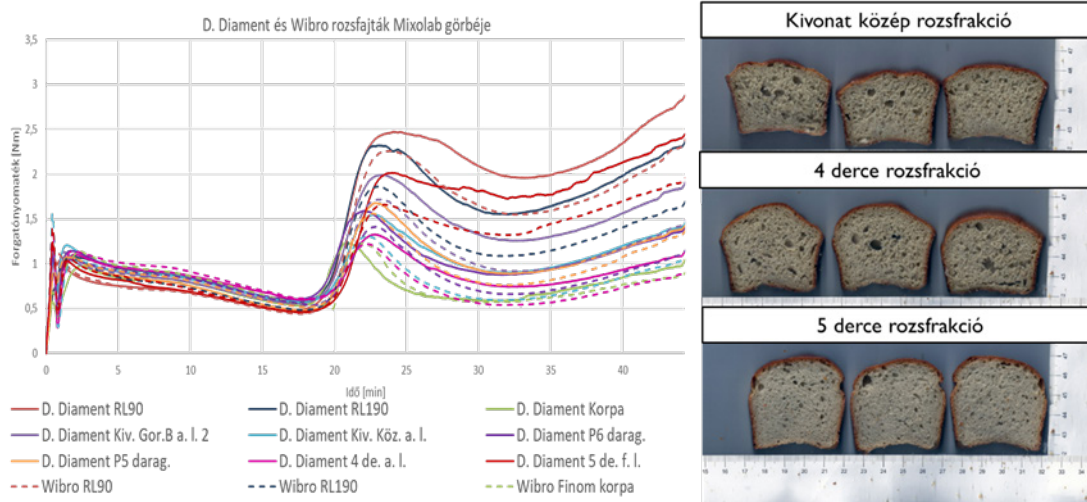
8. ábra. A jelenleg leggyakrabban alkalmazott kis mennyiségű gabonaminták vizsgálatára alkalmas műszerek, ezen belül a bal oldalon a BME ABÉT közreműködésével fejlesztett berendezések áttekintése

A búza és más gabonák táplálkozási szerepének megítélése az utóbbi évtizedekben jelentősen változott. Korábban a jórészt magbelsőt tartalmazó fehér lisztek előállítása és a belőlük készülő sütő-, édes-, tésztaipari termékek és egyéb élelmiszerek előállítása meghatározó volt. Ezért az összetéti és technológiai minőség jellemzésére alkalmas módszerek többsége is ezt a (siker)fehérje és keményítő „központú szemléletet” szolgálta ki. Az élelmi rostok és 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. A rostösszetevők szerkezetalkító tulajdonságairól azonban viszonylag keveset tudunk. A közelmúlt és a jelen kutatási témáinak egy része a búzalisztek meghatározó rostösszetevői, az arabinoxilánok, búzalisztekben és sikérmentes mátrixokban betöltött szerepének vizsgálatára irányultak. Nemrégiben olyan alap kutatási irányt is indítottunk, amely egy korábban fehérjékre kidolgozott redukciós és reoxidációs beépítési (inkorporációs) technika rostösszetevőkre történő kiterjesztését célozza (9. ábra) [24]. Szintén érdekes lehet a rostos őrlmények téstaképző tulajdonságainak hő hatására bekövetkező változásait vizsgálni. A hőkezelés jól ismert eljárás búzalisztek technológiai tulajdonságainak változtatása, vagy pl. zabőrlmények eltarthatóságának növelése céljából, azonban rostban gazdag minták esetében a lejátszódó molekuláris folyamatokról, illetve ezek technológiai viselkedést befolyásoló hatásairól keveset tudunk [25], [26], [27].



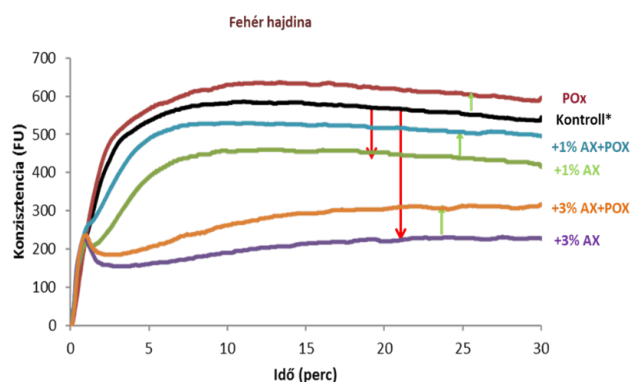
9. ábra. Példa a micro-doughLAB (Perten Instruments) alkalmazására: Arabinoxilán izolátum adagolásának és beépítésének (inkorporáció) hatása a búzátészta dagasztási tulajdonságainak alakulására [26] (DTT: redukált búzátészta; DTT+KIO3: redukált és visszaoxidált búzátészta)

A jelenleg lényegesen kisebb mennyiségben termelt, de speciális táplálkozási szükségletek, választékbővítés vagy éppen divat miatt növekvő jelentőségű gabonák (mint például a rozs, zab, árpa, cirok, köles, tritikálé) vagy álgabonák (amaránt, quinoa, hajdina) népszerűsége folyamatosan növekszik, viszont problémát jelent, hogy nem rendelkeznek részletes minősítő eljárással, módszertannal. 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 kiscabonák minősítési módszereinek fejlesztésére, másrészt a hasznosításuk szélesítését elősegítő termékfejlesztések irányában, valamint a technológiai 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 összetéti és technológiai tulajdonságbeli változékonyságát. Nagyüzemi malomipari kísérletekben, 54 frakció legyűjtésével és elemzésével „megrajzoltuk” az ipari őrlési eljárás frakcióterképét és azonosítottunk néhány olyan új rozsórlémenyt, melyek tápérték, egészségtámogató összetevők jelenléte szempontjából a hagyományos, jelenleg használatos őrlményeknél kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeztek. Részletesen jellemeztük az új őrlményekből készült tészták reológiai és sütőipari végtermék minőségét, mely eredmények segítségével lehetővé vált új típusú, összetéti és érzékszervi szempontból egyaránt kedvező termékek előállítása (10. ábra) [28], [29].



10. ábra. Rozsfajták és speciális őrleményeik reológiai jellemzése Mixolabbal (a) és a Wibro rozsfajta speciális frakcióival végzett mikro sütési tesztek eredményei (b)

Másik példánk a gluténmentes tézstamatrixok táplálkozási és technológiai tulajdonságainak javítási lehetőségét mutatja be. A gluténmentes alapanyagok (pl. köles vagy hajdina) tézstaképző tulajdonsága viszonylag gyenge, a szerkezet-építő makromolekulák (síkérfehérjék) hiányában a tézstamatrixok termékellőállításához szükséges viszkózus szerkezetét a szénhidrátok és sok esetben adalékolt hidrokolloidok biztosítják. Többek között ez az oka annak, hogy a gluténmentes sütő és tézstaipari termékek tápértéke is számos esetben kedvezőtlenebb a sikértartalmú változathoz képest. Ugyanakkor ismert például, hogy a rostalkotó arabinoxilánok oxidatív közegben oldalláncaik összekapcsolódásával képesek a síkér szerkezetéhez részben hasonló makromolekuláris hálózat kialakítására. Kísérleteinkben sikerült bizonyítani, hogy enzimreakciókban keletkező hidrogénperoxid megfelelő koncentrációban képes a síkérmentes tézstamatrixokhoz adagolt arabinoxilánok polimerizációját indukálni és ezzel a tézsta dagasztási tulajdonságait és a sütőipari végtermékek komplex minőségét javítani, miközben a rost-adagolással a táplálkozási érték is növekszik (11. ábra) [30], [31], [32].



11. ábra. Fehér hajdinaliszttól készült tézsta micro-doughLab műszerrel mért dagasztási tulajdonságainak változása arabinoxilán adagolás és oxidáció hatására [27]

Sok tekintetben (pl. biodiverzitás, tápérték növelés, termékínálat bővítés, élelmiszerbiztonsági problémák kezelése stb.) fontos és izgalmas kutatási iránynak tartjuk a régi fajták, vonalak, illetve az ősi búzafajták (pl. tönköly, tönke, alakor) összetéti és technológiai potenciáljának feltárását modern szemlélet és vizsgálati módszerek alkalmazásával. Ilyen megfontolások alapján indítottuk el nemesítőházakkal közösen a régi búza genotípusok új szemléletű jellemzésére és felhasználásának javítására irányuló K+F programunkat, illetve ezt kiegészítő alapkutatásainkat is. Ezekben is felhasználtuk és továbbfejlesztettük az új reológiai és szénhidrát (rost) összetétel meghatározására alkalmas módszereinket. Megállapítottuk például, hogy míg a különböző tönkölybúza fajták és vonalak dagasztási jellemzői néhány kivételtől eltekintve hasonlóak, addig a viszkózus viselkedésben jelentős eltérések mutatkoznak [33], [34], [35].

6. Záró gondolatok

Bízunk abban, hogy írásunkban sikerült áttekintést adni kutatócsoportunk jelenlegi tevékenységéről. Itt tartunk ma, ezt a szakmai profilt sikerült a korábban és jelenleg itt dolgozó munkatársak és hallgatók odaadó és hozzáértő munkájával létrehozni és működtetni. Feltételeink és témáink alakításában, megvalósításában, a folyamatos fejlesztés és fejlődés képességének fenntartásában döntő szerep jut az egyetemen belüli és kívüli együttműködéseknek oktatási, kutatási és gazdasági partnereinkkel egyaránt. Ezt tudjuk ajánlani a szakmai közösségnek és természetesen nyitottak vagyunk képzési, K+F+I, gazdasági és társadalmi célokat szolgáló, az egészséges életmód és táplálkozás fejlesztését segítő közös tevékenységek formálására, a meglévők továbbfejlesztésére és új kapcsolatok alakítására.

7. Bibliográfiai hivatkozások

Köszönetnyilvánítás

A kutatócsoport tagjai köszönik valamennyi volt és jelenlegi munkatársnak, lelkes jelenlegi és korábbi hallgatóiknak, doktoranduszaiuknak részvételüket az oktatási és kutatási infrastruktúra létrehozásában és fejlesztésében, a működési feltételek alakításában és fenntartásában, a szakmai programok tervezésében és végrehajtásában, publikációk, egyéb megjelenések megvalósításában és ami a legfontosabb, a szakmai és emberi alkotó közösség mindennapjainak formálásában. Köszönettel tartozunk a Tanszék, a Kar és a Kutatócsoport hazai és külföldi együttműködő oktatási, kutatási és gazdasági partnereinek. A bemutatott eredmények számos projekt támogatásának köszönhetően születhettek meg. Ezek közül munkáink közvetlenül kapcsolódnak az alábbi programok szakmai céljainak megvalósításához:

Gluténmentes tészta minőségének javítása hemicellulóz hálózat kialakításával (OTKA-ANN 11455)

„Új szempontok a búzanemesítésben: a bioaktív komponens összetétel javítása és annak hatásai” című OTKAK112169 és K112179 pályázat

Galgabona projekt: Élelmiszerbiztonsági, agrotechnikai, feldolgozástechnológiai és táplálkozási érték növelését célzó fejlesztések a zab és rozs humán célú hasznosítási feltételeinek javítása érdekében. (2017-1.3.1-VKE-2017-00004)

COST Action 18101 „SOURDOMICS – Kovász biotechnológiai hálózat egy korszerű, egészséges és fenntartható élelmiszerért és biológiai folyamatokért

A tönkölybúzában rejlő genetikai, összetételi és feldolgozóipari lehetőségek feltárása” című OTKA 135211 pályázat

TKP2021-EGA-02 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-EGA pályázati program részfinanszírozásában.

Hivatkozások

1. S. Tömösközi, R. Lásztity, A. Salgó, and B. Vértessy G., “100+10 év a felsőfokú élelmiszertudományi oktatás és a kutatás szolgálatában,” *Magyar Kémikusok Lapja*, vol. 76, no. 10, pp. 286–292, **2021**, <https://doi.org/10.24364/MKL.2021.10>
2. I. Leveles, R. Németh, and S. Tömösközi, “Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék – múlt, jelen és az elképzelt jövő,” *Magyar Kémikusok Lapja*, vol. 78, no. 12, pp. 365–369, **2023**, <https://doi.org/10.24364/MKL.2023.12>
3. M. Mendis and S. Simsek, “Arabinoxylans and human health,” *Food Hydrocoll*, vol. 42, no. P2, pp. 239–243, Dec. **2014**, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.022>
4. M. Shoukat and A. Sorrentino, “Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health,” May 01, **2021**, *Blackwell Publishing Ltd*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14971>
5. E. Schall *et al.*, “Fibre and short chain carbohydrate composition of Triticum aestivum and Triticum Spelta varieties Graphical abstract,” *Under submission*, **2025**.
6. M. K. J. Szentmiklóssy *et al.*, “Fibre and short-chain carbohydrate composition in rye varieties, novel industrial milling fractions and breads,” *Acta Aliment*, May **2023**, <https://doi.org/10.1556/066.2022.00221>
7. M. K. Juhász Szentmiklóssy, “Élelmi rostok és rövid láncú szénhidrátok vizsgálata gabonákban és élelmiszerekben” Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, **2024**.
8. J. G. Muir *et al.*, “Measurement of short-chain carbohydrates in common Australian vegetables and fruits by high-performance liquid chromatography (HPLC),” *J Agric Food Chem*, vol. 57, no. 2, pp. 554–565, **2009**, <https://doi.org/10.1021/jf802700e>
9. A. Farkas, E. Szabó, A. Horváth, E. Jaksics, R. Németh, and S. Tömösközi, “Development and application of a laboratory baking test for the characterisation of wholemeal oat flours,” *J Cereal Sci*, vol. 114, Nov. **2023**, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103761>
10. G. Muskovics, M. K. J. Szentmiklóssy, A. Donáth, and S. Tömösközi, “Changes of short chain carbohydrate components during sourdough fermentation in rye flour,” *Under submission*, **2025**.
11. Z. Bugyi *et al.*, “Development of incurred reference material for improving conditions of gluten quantification,” **2012**, *AOAC International*. https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGE_Bugyi
12. Z. Bugyi, J. Nagy, K. Török, L. Hajas, and S. Tömösközi, “Towards development of incurred materials for quality assurance purposes in the analysis of food allergens,” *Anal Chim Acta*, vol. 672, no. 1–2, pp. 25–29, Jul. **2010**, doi: 10.1016/j.aca.2010.03.058.
13. L. Hajas *et al.*, “Variation in protein composition among wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to identify cultivars suitable as reference material for wheat gluten analysis,” *Food Chem*, vol. 267, pp. 387–394, Nov. **2018**, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.005>
14. K. Török, L. Hajas, V. Horváth, E. Schall, Z. Bugyi, and S. Tömösközi, “Identification of key effects causing weak performance of allergen analysis in processed food matrices,” *Acta Aliment*, vol. 45, no. 1, pp. 45–53, Mar. **2016**, <https://doi.org/10.1556/066.2016.45.1.6>
15. E. Schall *et al.*, “Characterisation and comparison of selected wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their blends to develop a gluten reference material,” *Food Chem*, vol. 313, May **2020**, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126049>
16. K. Török *et al.*, “Identification of the factors affecting the analytical results of food allergen ELISA methods,” *European Food Research and Technology*, vol. 241, no. 1, pp. 127–136, Jul. **2015**, <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2441-y>
17. M. Xhaferaj, G. Muskovics, E. Schall, Z. Bugyi, S. Tömösközi, and K. A. Scherf, “Characterization of rye flours and their potential as reference material for gluten analysis,” *Food Chem*, vol. 408, May **2023**, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135148>
18. M. Xhaferaj, G. Muskovics, E. Schall, Z. Bugyi, S. Tömösközi, and K. A. Scherf, “Development of a barley reference material for gluten analysis,” *Food Chem*, vol. 424, Oct. **2023**, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136414>

19. M. Khaferaj, G. Muskovics, Z. Bugyi, S. Tömösközi, and K. A. Scherf, "Rye secalin isolates to develop reference materials for gluten detection," *Food Chem*, vol. 471, Apr. **2025**,
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142691>
20. G. Muskovics, S. Tömösközi, and Zs. Bugyi, "Investigation of the effects of sample preparation on gluten quantitation in rye and barley flours," *Acta Aliment*, vol. 52, no. 1, pp. 73–81, Mar. **2023**,
<https://doi.org/10.1556/066.2022.00177>
21. G. Muskovics, A. Farkas, Z. Bugyi, and S. Tömösközi, "Changes of gluten protein composition during sourdough fermentation in rye flour," *Cereal Chem*, Nov. **2024**,
<https://doi.org/10.1002/cche.10837>
22. S. Tömösközi, R. Németh, A. Farkas, and M. Rakszegi, "Hungarian History of Cereal Cultivation, Processing and Sourdough Making," in *In: Garcia-Vaquero, M., Pastor, K., Orhun, G.E., McElhatton, A., Rocha, J.M.F. (eds) Traditional European Breads*, **2023**.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-23352-4_8
23. C. W. Wrigley, S. Tömösközi, F. Békés, and M. Bason, "The Farinograph: Its origins," in *The Farinograph Handbook* (eds: Bock J.E; Don C.), J. E. Bock and C. Don, Eds., Cereals & Grains Association. Published by Elsevier, **2022**, pp. 1–23.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819546-8.00008-X>
24. M. Oszvald, S. R. Tömösközi, L. Tamás, and F. Békés, "Effects of wheat storage proteins on the functional properties of rice dough," *J Agric Food Chem*, vol. 57, no. 21, pp. 10442–10449, Nov. **2009**,
<https://doi.org/10.1021/jf902166h>
25. A. Harasztos, G. Balázs, P. N. Csöke, S. D'Amico, R. Schönlechner, and S. Tömösközi, "How arabinoxylans modify gluten and starch related wheat flour characteristics," *Acta Aliment*, vol. 45, no. 2, pp. 215–223, **2016**,
<https://doi.org/10.1556/AAlim.2015.0010>
26. R. Németh *et al.*, "Investigation of the Role of Arabinoxylan on Dough Mixing Properties in Native and Model Wheat Dough Systems," *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, vol. 66, no. 3, pp. 437–447, **2022**,
<https://doi.org/10.3311/PPCh.19019>
27. R. Németh, L. K. Sznopka, C. Orosz, and S. Tömösközi, "Investigation of the structure-forming role of dietary fibre components in gluten-free cereal- and pseudocereal-based food matrices," *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, vol. 31, no. August 2023, **2024**,
<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100417>
28. E. Jaksics *et al.*, "Comparative compositional and functional characterisation of rye varieties and novel industrial milling fractions," *Int J Food Sci Technol*, vol. 57, no. 7, pp. 4463–4472, **2022**,
<https://doi.org/10.1111/ijfs.15780>
29. R. Németh and S. Tömösközi, "Rye: Current state and future trends in research and applications," *Acta Aliment*, vol. 50, pp. 620–640, **2021**,
<https://doi.org/10.1556/066.2021.00162>
30. D. Bender *et al.*, "Characterization of rheological properties of rye arabinoxylans in buckwheat model systems," *Food Hydrocoll*, vol. 80, pp. 33–41, **2018**,
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.035>
31. R. Németh *et al.*, "Investigation of the effect of pentosan addition and enzyme treatment on the rheological properties of millet flour based model dough systems," *Food Hydrocoll*, vol. 94, no. March, pp. 381–390, **2019**,
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.036>
32. A. Farkas, P. Szepesvári, R. Németh, D. Bender, R. Schoenlechner, and S. Tömösközi, "Comparative study on the rheological and baking behaviour of enzyme-treated and arabinoxylan-enriched gluten-free straight dough and sourdough small-scale systems," *J Cereal Sci*, vol. 101, **2021**,
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103292>
33. E. Jaksics *et al.*, "Complex rheological characterization of normal, waxy and high-amylose wheat lines," *J Cereal Sci*, vol. 93, no. December **2019**, 2020,
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102982>
34. M. Rakszegi *et al.*, "Inter- and intraspecific study on compositional quality traits of diverse sets of spelt and common wheat," *J Cereal Sci*, vol. 123, no. March, **2025**,
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2025.104162>
35. Á. Bánfalvi *et al.*, "A novel approach to the characterization of old wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties by complex rheological analysis," *J Sci Food Agric*, vol. 100, no. 12, pp. 4409–4417, **2020**,
<https://doi.org/10.1002/jsfa.10479>

Introducing the Research Group of Cereal Science and Food Quality at BME

The research group was founded in the mid-1990s, at the predecessor of our current organizational unit, the Department of Applied Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, BME. Our goal is to ensure continuity on the areas of cereal chemistry and food quality and to continue the professional tradition created by our predecessors. The aim of this paper is a brief presentation of the current structure and activities of the Research Group. As an university pro-

fessional community, the members of the group participate in the elaboration, development, and coordination of training, educational, and research programs at various levels, primarily in the fields of food analysis, food safety, food technology and laboratory quality management. This summary provides an overview of the group's research profile and some of its previous and recent scientific results.