

ÉLELMISZERVIZSGÁLATI

K Ö Z L E M É N Y E K

JOURNAL OF FOOD INVESTIGATION

T U D O M Á N Y - É L E T - M I N Ő S É G - B I Z T O N S Á G

LXVIII. ÉVFOLYAM 4. SZÁM
VOL. 68, 2022 NO. 4

SCIENCE – LIFE – QUALITY – SAFETY

2022. DECEMBER 31.
31 DECEMBER 2022

Tradíciók és megújulások Megemlékezés a BME Élelmiszerkémia Tanszék alapításának 100. évfordulóján

Traditions and novations Commemoration in the 100th anniversary
the foundation of Department of Food Chemistry at BME



Tradíció és megújulás • Tanszéki gabonakutatások megítélése • Gabona-tudományi kutatások • A glutén mint speciális élelmiszer-biztonsági és analitikai kihívás • Elválasztástechnikai módszerek • Infravörös fényirida élete • Sejthalál a növényvédelemben • Az élelmiszeripar helyzete

Traditions and renewals • Recognition of cereal research of the Department • Cereal science and plant protein research • Gluten a special analytical change • Separation technics • Life of infrared light „buro” • Apoptosis in the plant protection • Situation of the food industry

^{BME}
240



www.eviko.hu

TARTALOM – CONTENTS

Tradíciók és megújulások – Megemlékezés a BME Élelmiszerkémia Tanszék alapításának 100. évfordulóján(a visszatekintő előadás szövege) (Salgó András)	4107
<i>Traditions and novations – Commemoration in the 100th anniversary the foundation of Department of Food Chemistry at BME</i> <i>(András Salgó)</i>	4113
A tanszéki gabonakutatások nemzetközi megítélése „külső-belső” szemmel (Békés Ferenc)	4119
<i>Inside-outside view on the international recognition of cereal research of the Department</i> <i>(Ferenc Békés)</i>	4131
A gabonatudományi és növényi fehérje kutatások közelmúltja, jelene és remélt jövője (Tömösközi Sándor, Kormosné Bugyi Zsuzsanna, Németh Renáta, Schall Eszter, Farkas Alexandra, Jaksics Edina, Juhászné Szentmiklóssy Marietta, Muskovics Gabriella)	4143
<i>Recent past, present and hoped-for future of cereal science and plant protein research</i> <i>(Sándor Tömösközi, Zsuzsanna Kormosné Bugyi, Renáta Németh, Eszter Schall, Alexandra Farkas, Edina Jaksics, Marietta Juhászné Szentmiklóssy, Gabriella Muskovics)</i>	4161
Klasszikus témák új megvilágításban: a glutén mint speciális élelmiszerbiztonsági és analitikai kihívás (Bugyi Zsuzsanna, Muskovics Gabriella, Schall Eszter, Török Kitti, Hajas Livia, Katharina Scherf, Majlinda Xhaferaj, Peter Koehler, Regine Schoenlechner, Stefano D’Amico, Roland Poms, Tömösközi Sándor)	4180
<i>Classics in a new perspective: gluten as a special food safety and analytical challenge</i> <i>(Zsuzsanna Bugyi, Gabriella Muskovics, Eszter Schall, Kitti Török, Livia Hajas, Katharina Scherf, Majlinda Xhaferaj, Peter Koehler, Regine Schoenlechner, Stefano D’Amico, Roland Poms, Sándor Tömösközi)</i>	4190
Elválasztástechnikai módszerek fejlesztése növényi fehérjék és szénhidrátok komplex jellemzésére (Schall Eszter, Török Kitti, Juhászné Szentmiklóssy Marietta, Németh Renáta, Tömösközi Sándor)	4199
<i>Development of separation techniques for complex characterization of plant proteins and carbohydrates</i> <i>(Eszter Schall, Kitti Török, Marietta Juhászné Szentmiklóssy, Renáta Németh, Sándor Tömösközi)</i>	4206
„Ahogy a csillag megy az égen” – egy infravörös fényírda élete (Gergely Szilveszter)	4213
<i>„Like stars are moving in the sky” – life of an infrared photographic studio</i> <i>(Szilveszter Gergely)</i>	4224
Sejthalál a növényvédelemben: az élelmiszer-ellátás biztonságának növelése molekuláris biológiai módszerekkel (Hajdinák Péter, Szarka András)	4235
<i>Cell death in plant protection: improving the security of food supply by the means of molecular biology</i> <i>(Péter Hajdinák, András Szarka)</i>	4240
Az élelmiszeripar helyzete és fejlesztési irányai (Felkai Beáta Olga, Kuti Beatrix Adrienn)	4245
<i>Situation and development trends of the food industry</i> <i>(Olga Beáta Felkai, Beatrix Kuti)</i>	4254
A növényi alapú hús helyettesítő élelmiszerek szakmailag elfogadható megnevezése Felmérés magyar élelmiszer-tudományi, -technológiai és táplálkozástudományi szakemberek körében (Bánáti Diána, Gyimes Ernő)	4263
<i>Terminology of plant-based meat alternatives</i> <i>A survey among Hungarian food science, food technology and nutrition experts</i> <i>(Diána Bánáti, Ernő Gyimes)</i>	4272
Nemzeti szabványosítási hírek (Szalay Anna)	4281
<i>Review of national standardization</i> <i>(Anna Szalay)</i>	4282

ISSN 0422-9576

OPEN



ACCESS

Tudományos folyóiratunk tartalma 2021-től szabadon hozzáférhető a www.eviko.hu honlapon.

The content of our scientific journal will be freely available on the website www.eviko.hu from 2021.



Kedves Olvasóink!

2022 adventjének idején írom e sorokat, amikor a keresztény világ a Megváltó születésének ünnepére vár, közöttük azok a nemzetek is, akik immár csaknem egy éve pusztító háborúban állnak egymással, pedig az idők kezdetén útravalót kaptunk:

*„Néktek adom, menjetek, és műveljétek e kertet!”
És most háború, szorongás, félelem járja át a lelket.
Lehet, hogy a Megváltó hiába öltött nekünk testet?
Advent van, várjuk a békét, de Európában folyton harcok dúlnak,
a szeretet bujdosik, mégis hiszem, szeme rajtunk van az Úrnak.
Higgyünk az igazban, egymásban, a jóban, higgyünk szépben,
Hogy ismét a béke, szeret, a szerelem dala száll tova majd a szélben
És a komor felhők, sötét erők egy új napkeltére örökre elmúlnak.¹*

Decemberi számunkban a 240 éves Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 100 éve alapított Élelmiszerkémia Tanszékének jubileumi tudományos konferencián (<https://www.bme.hu/node/8979>) elhangzott előadások anyagából készített kéziratokat tesszük közzé. A konferencia szervezésében, lebonyolításában, valamint a jelen cikkgyűjtemény összeállításában, a szerzőkkel és a lapkiadóval folytatott kapcsolattartásban külön köszönet illeti **Tömösközi Sándor** tanár urat, aki fáradságot nem kímélve hozta összhangba az egyetemi és külső munkatársak munkáját. Szerkesztőségünk nevében is gratulálunk, és hálásan köszönjük áldozatos munkáját!

A lap hasábjain **Salgó András** az Egyetem élelmiszertudományi oktatási és kutatási vonalát a legmarkánsabban meghatározó tudós professzorokról emlékezik meg. Az élelmiszerkémia területén belül folytatott gabonakémiai kutatásokat **Békés Ferenc** foglalta össze. **Tömösközi Sándor** és munkatársai a Tanszékükön és a Kutatócsoportjukban folyó gabonatudományi, élelmiszeralitikai és élelmiszerbiztonsági kutatások részleteiből adnak ízelítőt. **Bugyi Zsuzsanna** és munkatársai a glutén-analitika terén elért eredményeiket ismertetik. Számos munkatársának közreműködésével **Schall Eszter** a gabonafehérjék és -szénhidrátok elválasztástechnika alkalmazásával végzett vizsgálatairól számol be. **Gergely Szilveszter** a Tanszéken folytatott közeli infravörös spektroszkópai technika analitikai alkalmazásaiból mutat be néhányat. **Hajdinák Péter** és **Szarka András** a növényvédelem területén a patogének által megtámadott növényi sejtek gyors pusztulását, ezzel a kórokozók szaporodásának gátlását előidéző növényi sejthalál molekuláris biológiai vonatkozásait ismertetik. **Felkai Beáta Olga** és **Kuti Beatrix Adrienn** a hazai az élelmiszeripar múltját, jelenét és fejlesztési irányait mutatják be.

Decemberi számunk kilencedik cikke a Szegedi Tudományegyetemről származik. **Bánati Diána** és **Gyimes Ernő** egy növényi alapanyagokból készített, hamburgerre emlékeztető étel társadalmi megítélését a készítményre vonatkozó elnevezések kapcsán vizsgálták.

Gratulálok a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem évfordulójához.

Olvasóinknak kegyelemteljes adventet és karácsonyt, boldog új évet, hasznos olvasást kívánok. Továbbra is várjuk olvasóink építő jellegű hozzászólásait lapunkkal kapcsolatban.

Dr. Szigeti Tamás János
főszerkesztő

¹ Szigeti Tamás: Adventi remény



Dear Readers!

I am writing these lines during advent of 2022, when the christian world is waiting for the celebration of our Savior's birth, including those nations who have been at war with each other for almost a year, even though we were given a signpost at the beginning of time:

*"I give it to you, go and take care of this garden."
And now war, anxiety, and fear are sweeping through the soul.
Could it be that the Saviour has taken incarnation for us in vain?
It's Advent, and we wait for peace, but fighting rages on in Europe
Love is in hiding, yet I do believe the eye of the Lord is upon us.
Let's believe in truth, in each other, in good, let's believe in beauty,
So that peace, love, and the song of love will once again blow in the wind
And the gloomy clouds, the dark forces will be gone forever at a new
sunrise .¹*

In our December number, we issue manuscripts of the papers presented at the jubilee scientific conference of the Department of Food Chemistry of the 240-year-old Budapest University of Technology and Economics, founded 100 years ago (<https://www.bme.hu/node/8979>). For the organization and management of the conference, the compilation of this collection of articles, and for keeping contact with the authors and the publisher, special thanks are due to **Sándor Tömösközi**, professor, who spared no effort in harmonizing the work of the university and external collaborators. On behalf of our editorial staff, we congratulate him and thank him for his sacrificial work!

In the columns of the journal, **András Salgó** remembers the most prominent professors of the University's food science education and research. Cereal chemistry research in the field of food chemistry was summarised by **Ferenc Békés**. **Sándor Tömösközi** and his colleagues give a taste of the research in cereal chemistry, food analysis and food safety carried out in their Department and Research Group. **Zsuzsanna Bugyi** and colleagues will present their achievements in the field of gluten analysis. **Eszter Schall**, with the contribution of several of her colleagues, will report on her studies using separation techniques for cereal proteins and carbohydrates. **Szilveszter Gergely** will present some of the analytical applications of near-infrared spectroscopy techniques at the Department. **Péter Hajdinák** and **András Szarka** describe the molecular biological aspects of plant cell death caused by the rapid death of plant cells attacked by pathogens in the field of plant protection, thus inhibiting the reproduction of pathogens. **Olga Beáta Felkai** and **Adrienn Kuti Beatrix** will present the past, present and development trends of the domestic food industry.

The ninth article in our December issue comes from the University of Szeged. **Diána Bánáti** and **Ernő Gyimes** investigated the social perception of a dish made from vegetable ingredients, reminiscent of a hamburger, in relation to the names given to the product.

Congratulations on the anniversary of the Budapest University of Technology and Economics. I wish our readers a merciful Advent and Christmas, a happy New Year and beneficial reading. We continue to welcome constructive comments from our readers.

Dr. Tamás János Szigeti
editor-in-chief

¹ Szigeti Tamás: Advent Hope

SALGÓ András¹DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/4-1-HUN>

Érkezett: 2022. október – Elfogadva: 2022. november

Tradíciók és megújulások

Megemlékezés a BME Élelmiszerkémia Tanszék alapításának 100. évfordulóján (a visszatekintő előadás szövege)

Kulcsszavak: élelmiszeripari fejlesztések, gabonaipar, gabonakémia, 'Sigmond Elek, Binder Kotrba Géza, Sándor Zoltán, Holló János, Fodor Lajos, Sevella Béla, Vuk Mihály, Telegdy Kováts László, Lásztity Radomír, Salgó András, Vértessy Beáta

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

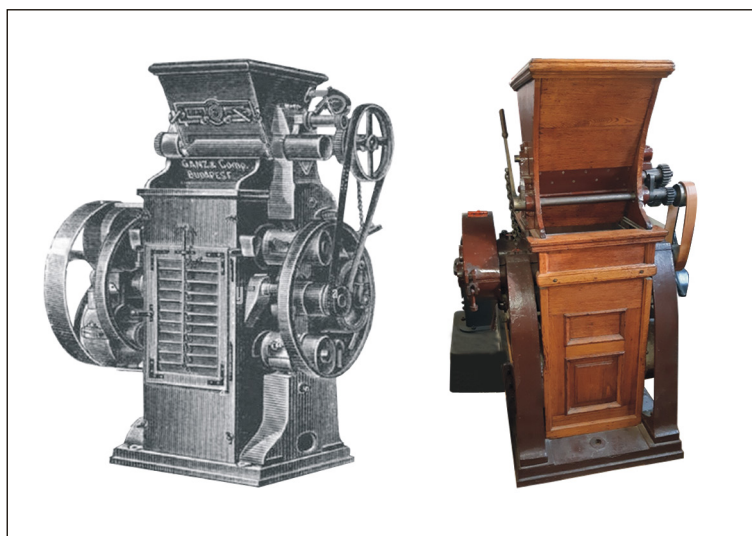
A XIX. század vége XX. század eleje a magyar mezőgazdaság és mezőgazdasági ipari feldolgozás tekintetében a hazai fejlődés egyik aranykorának tekinthető.

Nagy számban, jelentős kapacitásokkal cukorgyárak épültek, keményítő- és szeszgyárak létesültek, világhírnevet szerzett magának a magyar gabona-, malom- és söripar és az élelmiszeripar számos más ágazata.

Az ipari mikrobiológia fejlődése átalakítóan hatott az addig csak tapasztalatokon alapuló élesztőgyártásra, sörgyártásra, szeszgyártásra és a biológiai iparok számos más ágára.

Erre az időszakra tehetőek a világszínvonalú gabonai innovációk és mérés-technikai fejlesztések, amelyek közül kiemelhető:

- Mechwart András (1837-1907) kéregöntésű, rovátkolt hengerszékének megalkotása és Ganz Ábrahám általi gyártása,
- Hagenmacher Károly (1835-1921) síksziták és daratisztítókra vonatkozó 15 malomipari találmánya,
- Kosutány Tamás (1848-1915) tésztavizsgálatok, szakítási tesztek kidolgozása,
- Pekár Imre (1838-1923) pekározás néven ismertté lett, liszt szín meghatározása,
- Liebermann Leo (1852-1926) sikerminőség mérő berendezése,
- Hankóczy Jenő (1879-1939) lisztek vízfelvételét és minőségét mérő, farinográfja,
- Grúzl Ferenc (1897-1972) tészta nyújthatóság mérő un. laborográf berendezése,
- Vuk Mihály (1876-1952) gabona- és lisztkémiai módszer fejlesztései.



1. ábra. A Mechwart-Ganz féle hengersizék

Erre az időszakra tehető a biotechnológia, mint új tudomány terület megteremtése, ami Ereky Károly (1878-1952) gépészmérnök nevéhez kapcsolható, aki a Friedrich kormány közéleti minisztereként definiálta a biotechnológia fogalmát, az alábbi meghatározásokkal:

- „Biotechnológia - (1918) minden munka, amellyel alapanyagokból termékeket állítunk elő élő organizmusok segítségével.”
- „Élő munkagép, biotechnológiai munkagép”

A mindennapi gyakorlat mellett az oktatásban is egyre növekvő mértékben jelenik meg az élelmiszerfeldolgozóipari, biotechnológiai ismeretek iránti igény:

A Műegyetem alapító intézményében az Institutum Geometricum-Hydrotechnicumban Mitterpacher Lajos „Általános természetrajz és gazdaságtan” címen erdő-, mező- és szőlőgazdaságon kívül a kender- és len termelést, a bor-, ecet- és szeszgyártást, a selyemgyártást és a mezőgazdasági technológiát adja elő. Wartha Vince, 1871-ben „Erjedési vegytan” előadásokat tart. 1873-tól Wartha Vince „Mezőgazdasági kémia”, majd Klein Gyula a növénytan tanára, „Technikai mikroszkópia” c. tárgyat oktatja. Később Wartha „Borászati kémia elemei”, és Klein: „Borászati mikroszkópia” tárgyai szerepelnek a tananyagban.

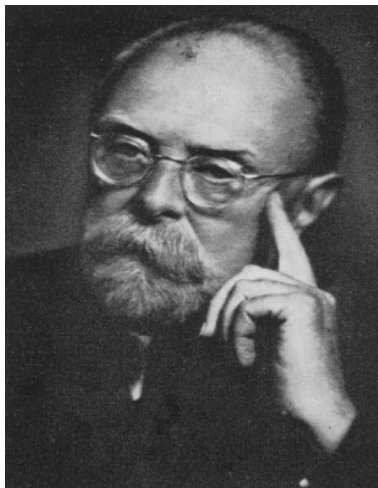
Wartha Vince és Ilosvay Lajos javaslatára hívják meg a Műegyetemre 1908-ban a Mezőgazdasági Kémiai Technológiai Tanszék megszervezésére az akkor Magyaróvári Országos Növénytermelési Kísérleti Intézetben tevékenykedő 'Sigmond Eleket (1873-1939) a talajtan és mezőgazdasági kémiai technológia neves professzorát. 'Sigmond Elek a kor és az ipar igényeit kielégítő oktatói stábot szervez, az alábbi oktatók és tematikák bevonásával: Szilágyi Gyula az „Erjedés” és „Szesz-, sör- és ecetgyártás», Vázsony Lajos „Az erjesztő szervezetek”, László Ede Dezső „Borászati kémia”, Tuzson János „Technikai mikológia”, Vuk Mihály „Hamisított élelmi- és élvezetiszerek ellenőrzése”, Telegdy Kovács László „Protozoológia”.

'Sigmond Elek felismerte Vuk Mihály tehetségét az élelmiszervizsgálati módszerek, mennyiségi és minőségi elemzések terén és 1919-ben javaslatot tesz egy Kémiai Analízis Tanszék alapítására a Műegyetemen, az alábbi indoklással:

„A magyar mérnökségnek az eddiginél bővebb alkalom nyújtassék a mezőgazdasági-chemiai s technológiai és élelmiszer-chemiai tárgykörben való alapos kiképzésre”.

A fenti javaslat alapján az Élelmiszerkémia Tanszék alapítása 1921. szeptember 22-én megvalósul.

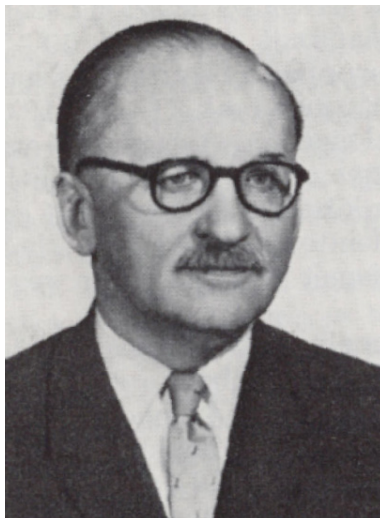
Vuk Mihály (1876-1952) alapító professzor Zürichben végzett vegyész-mérnök (1898), doktori címe megszerzése után tanársegéd a BME-n, majd Kosutány Tamás és 'Sigmond Elek kollégája Magyaróváron. 1903-1904 között a Budapesti Kazeingyár vezetője és 1905-től az Országos Kémiai Intézet munkatársa. 1911-ben a Magyar Mérnök és Építészegylet Kossuth pályadíjjal ismeri el szakmai tevékenységét.



2. ábra. Vuk Mihály az alapító professzor

A Vuk korszak jellemző kutatási területei (1921-1948): Borászati kémia és technológia, Liszt összetétel és lisztjavítási módszerek, Élelmiszerkémiai vizsgálati módszerek (Kémiai konzerváló szerek, a tejcukor termikus bomlása, zsírok avasodása, hamisítások kimutatása). Vuk Mihály 1928-29 között a Vegyész-mérnöki és Egyetemes Osztály dékánja, 1952-ben a TMB a kémiai tudományok doktora címet adományozza neki.

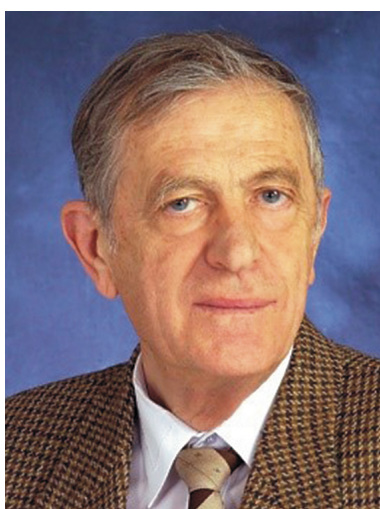
A Tanszék második vezetője 1950-1971 között Telegdy Kováts László (1902-1987), aki 1923-tól hallgatja Vuk Mihály előadásait, 1927-ben szerez doktori címet és kerül az Országos Chemiai Intézetbe. 1942-től a Magyar Cukor Rt. Központ igazgatója és tanszékvezetői kinevezése (1950) után 1952-től dékánhelyettes majd 1952-55 és 1957-ben a Vegyészmérnöki Kar dékánja.



3. ábra. Telegdy Kováts László az újjáépítés vezetője

A nehéz háborús körülmények után meginduló kutatások fő irányai az alábbiak voltak: Nyersanyag minősítési módszerek fejlesztése (Tanszéki munkaközösség), barnulási reakciók vizsgálata (Telegdy Kováts L., Örsi F.), vitamin analitika és antioxidáns hatások kutatása (Berndorférné Kraszner Éva), gabonakutatások (Lásztity R., Varga J.), csomagolástechnika és csomagolóanyag vizsgálat (Szilasné Kelemen M., Örsi F.), reológiai vizsgálati technikák (Major J., Varga J.), bor vizsgálatok (Törley D., Nedelkovits J.), gomba összetétel és biokémiai kutatások (Törley D.), toxikológiai kutatások (Kovács J.), műszer és metodikai fejlesztések (Tanszéki munkaközösség)

Lásztity Radomír (1929-2018) 1971-ben 42 évesen veszi át a Tanszék vezetését Telegdy Kováts Lászlótól. A tehetséges új vezető gyorsan jut el az egyetemi tanári címig (1951 tanársegéd, 1961 kandidátus, 1968 kémiai tudomány doktora, 1969 egyetemi tanár) és a tanszék vezetése mellett fontos kari és egyetemi funkciókat is betölt (1966-70 oktatási dékánhelyettes, 1970-76 a BME oktatási rektorhelyettese).



4. ábra. Lásztity Radomír a reformer

Tevékenységét számtalan oktatási jellegű innováció jellemzi, többek között: a szervező mérnök képzés elindítása, az angol nyelvű képzés kezdeményezése, de közöttük is a legfontosabb a biológusmérnök képzés megalapozása és elindítása.

Ezt a képzési formát és tantervet Nyeste László professzorral, Holló János dékáni vezetése alatt alapítják meg, felismerve a kémiai és mérnöki ismeretek mellett a biológiai tudományok és ismeretek egyre növekvő fontosságát és az integrált ismeretek jelentőségét. Ezen gondolatok mentén a tanszék neve is megváltozik (Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszék).

A Tanszék kutatási profiljában a korábbi erős gabonakémiai orientáció mellett; lisztjavító szerek hatásmechanizmusára vonatkozó elméletek továbbfejlesztése (*Telegdy – Kováts L. – Lásztity R.*), nem kovalens kölcsönhatások szerepe a sikér komplexben (*Lásztity R.*), az avenotionin izolálása és aminosav szekvenciájának meghatározása (*Békés F. – Lásztity R.*), búza proteázok heterogenitásának és szabályozó funkcióinak kimutatása (*Salgó A.*),

új kutatási irányok jelentek meg:

- **Fehérje – szénhidrát, fehérje – lipid, fehérje-fehérje kölcsönhatások:** Barna színanyag képződés kinetikája, metil-glioxál képződés és szerep (*Örsi F.*), lipoproteinek szerkezete és szerepe a gabonákban (*Békés F., Smied I.*), kölcsönhatás jellemzők (*Lásztity R. – Nagy J.*);
- **Új fehérje források kutatása, biológiai érték növelés:** Izolálás, tisztítás, aminosav összetétel, hiányok, emészthetőség (bioavailability), biológiai érték (in vitro), techno-funkcionális sajátságok, receptura optimalizálás (*Tanszéki munkaközösség*);
- **Analitikai vizsgáló módszerek fejlesztései:** Aminosav analízis és biogén aminok (*Zsigmond A., Sarkadi L., Ungár Erika*), Mikotoxin vizsgálati módszerek fejlesztése (*Bata Á.*), fehérjék funkcionális tulajdonságainak meghatározása (*Tömösközi S., – Nagy J.*), áramlásos analitikai módszerek fejlesztése (*Varga J., Tömösközi S.*), elektroforézis módszerek fejlesztése (*Györey E., Kárpáti M.*);

A Tanszék vezetését Lásztity professzortól 1993-ban Salgó András (1951) veszi át, aki 1974-től végigjárva az egyetemi és tudományos lépcsőket 1995-ben lett egyetemi tanár és gazdasági dékán helyettes (1993-1999).

A rendszerváltozást követő, a felsőoktatást érő negatív folyamatok (Bokros csomag) kezelése, a tanszéki infrastruktúra fejlesztése, átépítések, felújítások jelentik ezen időszak fő feladatait. Kezdetét veszi a bolognai folyamatra való felkészülés, az oktatási rendszer teljes átalakítása. Elindulnak az ipar és az egyetemi szféra kapcsolatát erősíteni szándékozó projektek, a Tanszék fokozatosan kapcsolódik be nemzetközi, főleg Európai Unió kutatási keretprogramokba, projektekbe.

A hagyományos kutatási irányok mellett új tematikák jelennek meg:

- **Fehérjék funkcionális tulajdonságainak vizsgálata:** Konduktometriás emulgeáló és habtulajdonságok vizsgálata, módszer fejlesztések (*Tömösközi S. és mtsai*), Mikro–méretű vizsgáló eljárások és műszerfejlesztés (*Varga J., Tömösközi S., Salgó A., Békés F.*);
- **Növényfiziológiai (érésdinamika, csírázás fiziológia, stressz) kutatások:** Búza érésdinamikai és csírázás fiziológiai folyamatok biokémiai és roncsolás-mentes spektroszkópiai vizsgálata (*Salgó A., - Gergely Sz.*); Post–harvest folyamatok elemzése gyümölcsök esetén (*Merész P., Lovász T., Salgó A.*), Szárazság, hideg és só stressz biokémiai és kromoszomális hátterének vizsgálata gabonákban, biogén amin analitika fejlesztése (*Sarkadi L.*);
- **Fehérje alapú fajtaazonosítási módszerek fejlesztése:** Fajtaazonosítás gélelektroforézises módszerekkel, hazai katalógus (*Kemény S.-né, Kárpáti M., Örsi F., Békés F.*); HPLC alapú fajtaazonosítási módszerek (*Baticz O., Örsi F.*), Kapilláris elektroforézises fajtaazonosítás (*Scholz É.*);
- **Infravörös spektroszkópiai és képkalkoló (NIR/MIR/FT-IR) eljárások alkalmazásai:** Élelmiszer fehérjék kvalitatív és kvantitatív kimutatása, összetétel, minőség és fiziológiai állapot elemzés, hálózati mérési módszerek fejlesztése, Ipari folyamatok követése, hamisítás (*Salgó A. – Gergely Sz.*);
- **Molekuláris biológiai módszerek fejlesztése és alkalmazásai a fehérje minősítésben:** A sikérfehérjék képződése genetikai hátterének vizsgálata, a sikérfehérjékkel való „szennyezettség” kimutatása, GM szervezetek kimutatása, aptamerekkel kapcsolatos fejlesztések (*Gaugecz J., - Révay T.,-Szarka A., Mészáros T.*);
- **Technológiai fejlesztések egészségtámogató gabonaipari termékek előállítására** (*Tömösközi S. és mtsai*);
- **C-vitamin anyagcsere kutatások** (*Szarka A. és mtsai*);

A Tanszék életében és működésében alapvető változást hoz a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar belső integrációja (2007), aminek célja nagyobb, integrált szervezeti egységek kialakítása, az oktatási és kutatási hatékonyság növelése, s ennek következtében 10 tanszék helyett 5 jön létre.

A Biokémiai és Élelmiszertchnológiai (korábban Élelmiszerkémia) Tanszék és a Mezőgazdasági Kémiai Technológia tanszék integrációjával kialakul az Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék. Az új szervezeti egység átlagosan 25 oktató-kutató, 20 technikai személyzet és kb. 20-25 doktoráns munkájának színtere, hatalmas oktatási terheléssel és jelentős hazai és nemzetközi pályázati bevételekkel és ipari kutatási megbízásokkal.

Az integrált tanszék kutatási profilját a benne működő kutató csoportok alakították/alakítják szinte folyamatosan a tudományos körülmények és ipari igényeknek megfelelően. A kilenc csoport, az integrációkor kialakított tematikai spektruma alább követhető:

1. A szárazság, só és oxidatív stresszek biokémiai, molekuláris hátterének vizsgálata növényi anyagokban (gabonák, gumósok);
2. Gabonakémiai és technológiai kutatások, új termékek, funkcionális élelmiszerek fejlesztése;
3. Módszer és műszerfejlesztések a gyorsvizsgálati és dedikált analitikai eljárások területén;
4. Roncsolásmentes módszerek fejlesztése és alkalmazása biorendszerek és biofolyamatok monitorozásában;
5. Mezőgazdasági és egyéb hulladékok non-food hasznosítása;
6. Elméleti biológiai és ipari mikrobiológiai projektek;
7. Fermentációs up-stream és down-stream műveletek és folyamatok fejlesztése;
8. Célzott biodegradációs folyamatok és műveletek fejlesztése és alkalmazása;
9. Környezet menedzsment mérnöki eszközrendszerének fejlesztése;

Az integrációs folyamatok eredményeképp megőriztük a két korábbi tanszék kutatási-tematikai tradícióit, erősítettük a belső szinergikus hatásokat az új innovációk területén és növeltük a hallgatói részvételt K+F+I projektjeinkben.

Az integrált tanszék vezetését 2015-ben Vértessy Beáta veszi át, aki az MTA Enzimológiai Intézet igazgató helyettese majd az ELKH-TTK Enzimológiai Intézet, Genom metabolizmus kutatócsoport vezetője. Tudományos karrierjét az MTA Biológiai Osztályán szerzett tudomány kandidátusa (1991), majd az MTA doktora (2001) címek fémjelzik.

Az Élelmiszerkémia Tanszék története szervesen összefügg a korábban alakított Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszék történetével, így az összesen több mint 113 év már tudománytörténeti szempontból is jelentős szolgálatot jelent a széleskörűen értelmezett élelmiszertudomány számára.

Végezetül álljanak itt az élelmiszerkémiával és -technológiával kapcsolatos képzést végző tanszékek vezetőinek nevei (az évszámok a tanszék névváltozásainak időpontjait jelölik):

- **Mezőgazdasági Kémiai Technológia (1908)**
 - o 'Sigmond Elek
 - o Binder Kotrba Géza
 - o Sándor Zoltán
 - o Holló János
 - o Fodor Lajos
 - o Sevelle Béla
- **Élelmiszerkémia (1921) később Biokémia és Élelmiszertchnológia**
 - o Vuk Mihály
 - o Telegdy Kováts László
 - o Lásztity Radomír
 - o Salgó András
- **Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék (2007-)**
 - o Salgó András
 - o Vértessy Beáta

András SALGÓ¹

DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/4-1-ENG>

Received: October 2022 – Accepted: November 2022

Traditions and renewals

Commemoration in the 100th anniversary the foundation of Department of Food Chemistry at BME

Keywords: food industrial developments, cereal industry, cereal chemistry, Elek 'Sigmund, Géza Binder Kotrba, Sándor Zoltán, János Holló, Lajos Fodor, Béla Sevela, László Telegdy Kováts, Radomír Lásztity, András Salgó, Beáta Vértessy

¹ Budapest University of Technology and Economics

András SALGÓ

salgo.andras@vbk.bme.hu

<https://orcid.org/0000-0002-8664-1305>

The end of XIXth century and the beginning XXth century was the golden age of Hungarian agriculture and agro-industrial sector and processes.

High number of factories with large capacities were founded in sugar-, starch-, and spirit industries and world-famous innovations were introduced in the Hungarian cereal and milling industry, breweries and in further other branches of food processing.

The developments of industrial microbiology and its conscious applications had also strong effects on the investments and innovations in yeast, beer and alcohol production and in other branches of bio-industries.

This age can be characterized by the innovations and methods development introduced in the world-wide recognised cereal- and milling industry:

- András Mechwart (1837-1907) innovation of striate rolling mill with chill-casting and manufacturing by Ábrahám Ganz,
- Károly Haggenmacher (1835-1921) 15 patents in milling industry included flat sieves and purifiers,
- Tamás Kosutány (1848 - 1915) test methods for detection of dough quality and rupture,
- Imre Pekár (1838 - 1923) „pekáring”, determination the colour of flour,
- Leo Liebermann (1852 - 1926) test method development for gluten strength determination,
- Jenő Hankóczy (1879 - 1939) innovation of Farinograph for determination of water absorption and flour quality,
- Ferenc Grúzl (1897 - 1972) innovation of Laborográf for measuring extensibility of dough,
- Mihály Vuk (1876 - 1952) methods development in cereal and flour chemistry.

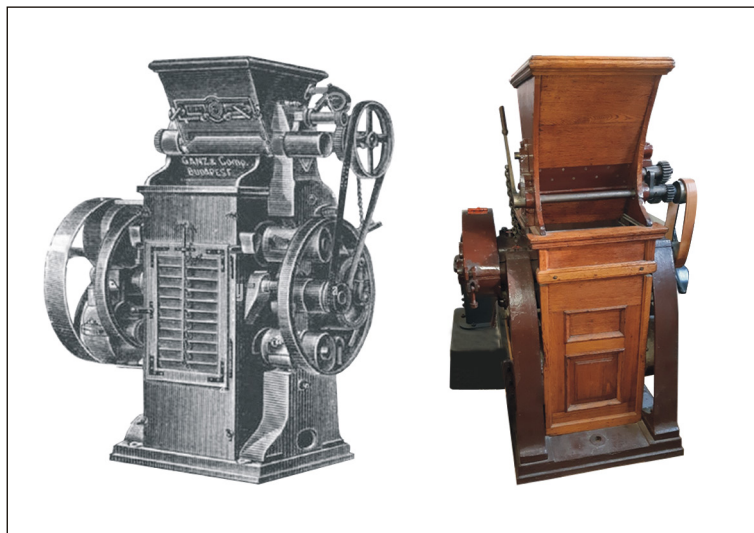


Figure 1. The rolling mill innovated by Mechwart and Ganz

Same age was the period the initiation and definition of biotechnology as a novel field of science. Károly Ereky (1878-1952) mechanical engineer defined the concept of biotechnology as can be followed below:

- “Biotechnology - (1918) all the activities, which produce products (convert raw materials) with the help of microorganisms.”
- “Living machine, biotechnological machine”

In this period of time claims the demand in knowledge of food industry, processing and biotechnology also in higher education:

In the Institutum Geometricum-Hydrotechnicumban (predecessor in title of BME) Lajos Mitterpacher gives lectures in „General nature study and economy” covering hemp, flax, wine, vinegar, alcohol and silk production and technology. Vince Wartha gives lectures of “Fermentation chemistry” in 1871. Later he gives (1873) lectures in “Agricultural chemistry” and with Gyula Klein introduce “Technical microscopy”, “Wine chemistry” and “Wine microscopy” subjects in curriculum.

In 1908 Vince Wartha and Lajos Ilosvay invited professor Elek 'Sigmund (1873-1939) to establish a Department of Agricultural Chemistry at BME. Elek 'Sigmund was that time the professor of soil science and agricultural chemistry in Hungarian Crop Production Institute at Magyaróvár. He organized a lecturer staff covering in those days most relevant industrial syllabus and subjects:

Gyula Szilágyi "Fermentation" and "Spirit-, Beer- and Vinegard Technology", Lajos Vázsony "Fermenting organisms", Ede László "Chemistry of Enology", Tuzson "Technical micology", Mihály Vuk "Control of adulterated food and gusto products", Telegdy Kováts „Protozoology”.

Elek 'Sigmund recognized the latent of Mihály Vuk in the analysis of methods development and made a motion (1919) to establish a Department of Chemical Analysis at BME with the following justification:

„The Hungarian engineering need an extended potential in agricultural chemistry and in food chemistry in higher education”.

Based on this proposal the Department of Food Chemistry was founded in 22nd of September 1921.

The founder of Department Prof. Mihály Vuk (1876-1952) graduated as chemical engineer in Zurich (1898), after receiving his Dr. title he was assistant lecturer at BME and later worked with Tamás Kosutány and Elek 'Sigmund in Magyaróvár. Between 1903-1904 he was director of Budapest Casein Factory and since 1905 worked in Hungarian Institute of Chemistry. His life-work was acknowledged with the Kossuth Grand Prix in 1911 by the Hungarian Society of Engineers and Architects.

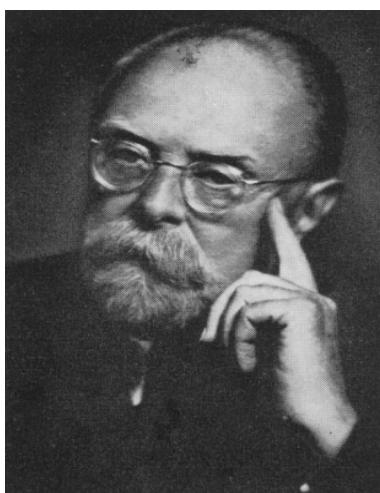


Figure 2. Prof. Mihály Vuk the founder of Department

The characteristic research activities of Vuk era (1921-1948) were the followings:

Chemistry and technology of enology, Flour chemistry and flour improvers, Novel methods is food analysis (chemical preservers, thermal decomposition of lactose, rancidity of lipids, detection of adulteration). Mihály Vuk was the Dean of Faculty between 1928-29 and the TMB (Hungarian Academy of Sciences) awarded him with the DSc (doctor of sciences) title in 1952.

The second head of Department was László Telegdy Kovács (1902-1987) between 1950-1971, who listened the lectures of Mihály Vuk since 1923 and got his doctor tile in 1927 and employed in Hungarian Institute of Chemistry. Since 1942 he was appointed as director of Hungarian Sugar Ltd. Center. After his nomination as professor and head of Department (1950) two times were Dean of Faculty of Chemical Engineering (1952-55) and in 1957.



Figure 3. Prof. László Telegdy-Kovács the newbuilder

In hard circumstances after world war the restart of research were cumbersome. The main orientations of projects were the followings: Method developments for quality control of raw materials (Department panel), investigation of Maillard reactions (L. Telegdy Kovács, F. Örsi), analysis of vitamins and antioxidant effects (É. Berndorferné Kraszner), cereal reseaches (R. Lásztity, J. Varga), investigation of packaging material (M. Szilasné Kelemen, F. Örsi), methods development in rheology (J. Major, J. Varga), wine chemistry and tests (D. Törley, J. Nedelkovits), composition and biochemistry of mushrooms (D. Törley), food toxicology (J. Kovács), instrument and methods developments (Dep. panel).

The next head of Department Prof. Radomír Lásztity (1929-2018) took over this leading position from L. Telegdy Kovács in his age 42 in 1971. The talented new leader had quick scientific career (1951 assisted lecturer, 1961 candidate, 1968 DSc, 1969 full professor) and parallel took faculty and university positions (1966-70 Vice Dean of Faculty, 1970-76 Vice Rector of BME education affairs).

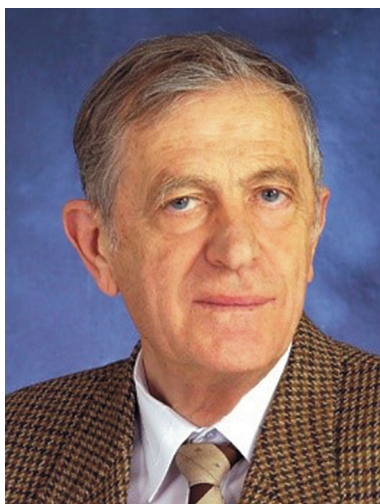


Figure 4. Prof. Radomír Lásztity the reformer

Prof. Lásztity had plenty of innovations in education, e.g. actuation of education in organizer chemical engineering, initiation of english language education, but the most important and relevant was the foundation and actuation of biochemical engineering education.

This education form and curriculum was figured out with Professor László Nyeste under dean's leadership Prof. János Holló, recognized the increased importance of biological and biochemical skills beside the chemical and engineering skills and the importance of integrated knowledges.

According to this recognitions the name of Department was also changed to Dept. of Biochemistry and Food Technology.

The research profile of Department kept the strong orientation in cereal chemistry; mechanism of flour improvers (*L. Telegdy Kováts L. – R. Lásztity*), non-covalent interactions in gluten complex (*R. Lásztity*), isolation and determination of amino acid sequence of avenationin (*F. Békés – R. Lásztity*), heterogeneity and control functions of wheat proteases (*A. Salgó*),

and novel research trends and projects arose:

- **Protein–carbohydrate, protein–lipid, protein-protein interactions:** Mechanism and role of formation brown colour products and methyl-glyoxal (*F. Örsi*), structure and role of lipoproteins in cereals (*F. Békés, I. Smied*), characterization of interactions (*R. Lásztity– J. Nagy*).
- **Novel protein sources, enhance the biological value of proteins:** Isolation, purification amino acid composition, deficiencies digestibility (bioavailability) biological value (in vitro) techno-functional characteristics optimization of recipes (*Dept. panel*)
- **Development of analytical methods:** Analysis of amino acid composition and biogenic amines. (*A. Zsigmond, L. Sarkadi, E. Ungár*), Methods development for detection of mycotoxins (*Á. Bata*), measurement the functional properties of proteins (*S. Tömösközi – J. Nagy*), development of air segmented and flow injection analytical methods (*J. Varga, S. Tömösközi*), innovation of electrophoretic method (*E. Györey, M. Kárpáti*).

The leadership of Department was received from Prof. Lásztity by András Salgó (1951) in 1993. The new head went through all the academic stair-steps and got his professor's nomination in 1995 and parallel served the Faculty as Vice Dean (economic affairs) between 1993 and 1999.

The main tasks of this period are to deal with the negative processes affecting higher education after the regime change "Bokros package", to develop the departmental infrastructure, to rebuild and renovate. Preparations for the Bologna process and the complete overhaul of the education system will begin. Projects aimed at strengthening the links between industry and academia are launched, and the Department is gradually involved in international, mainly European Union, research framework programmes and projects. (Lajos Bokros was a left-wing Hungarian minister of finance, during whose tenure the actors of Hungarian public life and science were forced to endure numerous financial restrictions. The Ed.)

Beside the traditional research orientations, novel innovation themes and projects were below:

- **Investigation of functional properties of proteins:** Methods development of emulsifying and foam forming activity and stability using conductometry. (*S. Tömösközi et.al.*), Micro-scale test methods and instrument developments in detection of cereal quality (*J. Varga, S. Tömösközi, A. Salgó, F. Békés*).
- **Plant physiological (seed development, germination, stresses) research:** Non-destructive spectroscopic methods development to follow the seed development and germination processes in wheat (*A. Salgó – Sz. Gergely*), Evaluation of post-harvest processes in fruits (*P. Merész, T. Lovász, A. Salgó*), Biochemical and chromosomal investigation of the effects of drought, cold and salt stresses in cereals, methods development for detection of biogenic amines (*L. Sarkadi*).
- **Development of variety identification methods based on proteins:** Gel electrophoretic method for variety identification in wheat, development of national wheat catalogue (*Á. Kemény, M. Kárpáti, F. Örsi, F. Békés*), Variety identification using HPLC method (*O. Baticz, F. Örsi F*), Variety identification with capillary electrophoresis (*É. Scholz*).
- **Near-infrared based spectroscopic and imaging (NIR/MIR/FT-IR) methods developments:** Qualitative and quantitative method for detection of proteins, composition, physiological status, methods networking. Industrial process control, detection of adulterations. (*A. Salgó – Sz. Gergely*).
- **Molecular biological methods development and application in quality control of proteins:** Genetic background the formation of gluten proteins, detection of gluten „contamination”, analysis of GM raw materials, developments using aptamers. (*J. Gaugecz – T. Révay – A. Szarka- T. Mészáros*).
- **Technological innovation in development** of health promoting cereal products. (*S. Tömösközi et.al.*)
- **Vitamin C:** metabolism research (*A. Szarka et.al.*)

Due to internal integration of Faculty (2007) basic changes were resulted in the life and operation of Department. The main aims of integration were to develop bigger, more integrated and efficient units, so instead of former 10 departments five were structured.

Department of Applied Biotechnology and Food Science was formed by the integration of Dept. Biochemistry and Food Technology (earlier Food Chemistry) and by Dept. Agricultural Chemistry. The integrated unit with 25 academic people, 20 technical staff and approx. 20-25 PhD student took extreme big education tasks and produced notable incomes from national and international projects and industrial resources.

The research profile of integrated Department was changed continuously according to alteration of scientific and industrial conditions and demands. At the end of integration process nine main thematic area were defined which were listened below:

1. Biochemical and molecular background of draught, salt és oxidative stresses in plant materials (cereals, tuberoses);
2. Research in cereal chemistry and technology, product developments, innovation of functional products.
3. Methods and instruments development of rapid-tests and dedicated analysis methods.
4. Non-destructive methods developments and applications in monitoring of biosystems and bioprocesses.
5. Non-food exploitation of agricultural and other wastes.
6. Theoretical projects in biology and industrial microbiology,
7. Development of up-stream and down-stream processes and operations in fermentation.
8. Development and application of targeted biodegradation processes and operations.
9. Development of engineering toolkit in environmental management

On account of integration procedure both former units maintained their research traditions, the inside synergic affects were firm in the novel innovations and the participation of students in R+D+I projects were increased

The leadership of integrated department was taking over by Vértessy Beáta in 2015. She was the Vice Head of Institute of Enzymology Hungarian Academy of Sciences (later ELKH-TTK) and Head of Research Group of Genom Metabolism. Her scientific carrier was acknowledged by the Division Biology in Hungarian Academy of Science as candidate (1991) and DSc (2001).

The histories of Dept. Food Chemistry and Dept. Agricultural Chemistry were interlocked very organic way, so both organizations made significant services for the Hungarian food science during the last total 113 years.

Finally, the names of the heads of the departments providing training in food chemistry and technology should be listed here (the numbers indicate the dates of the department's name changes):

- **Agricultural Chemical Technology (1908)**
 - o Elek 'Sigmund
 - o Géza Binder Kotrba
 - o Sándor Zoltán
 - o János Holló
 - o Lajos Fodor
 - o Béla Sevela
- **Food Chemistry (1921) later Biochemistry and Food Technology**
 - o László Telegdy Kováts
 - o Radomír Lászity
 - o András Salgó
- **Department of Applied Biotechnology and Food Science (2007-)**
 - o András Salgó
 - o Beáta Vértessy

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.*).

¹ 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].

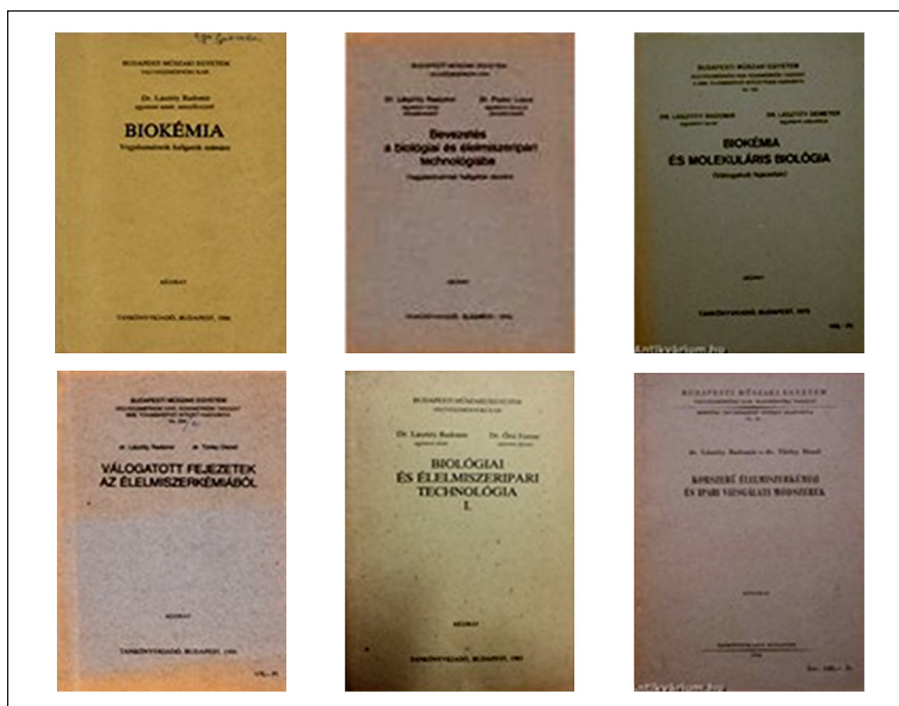
5. Lásztity Radomír, a „magyar Pomeranz”

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.



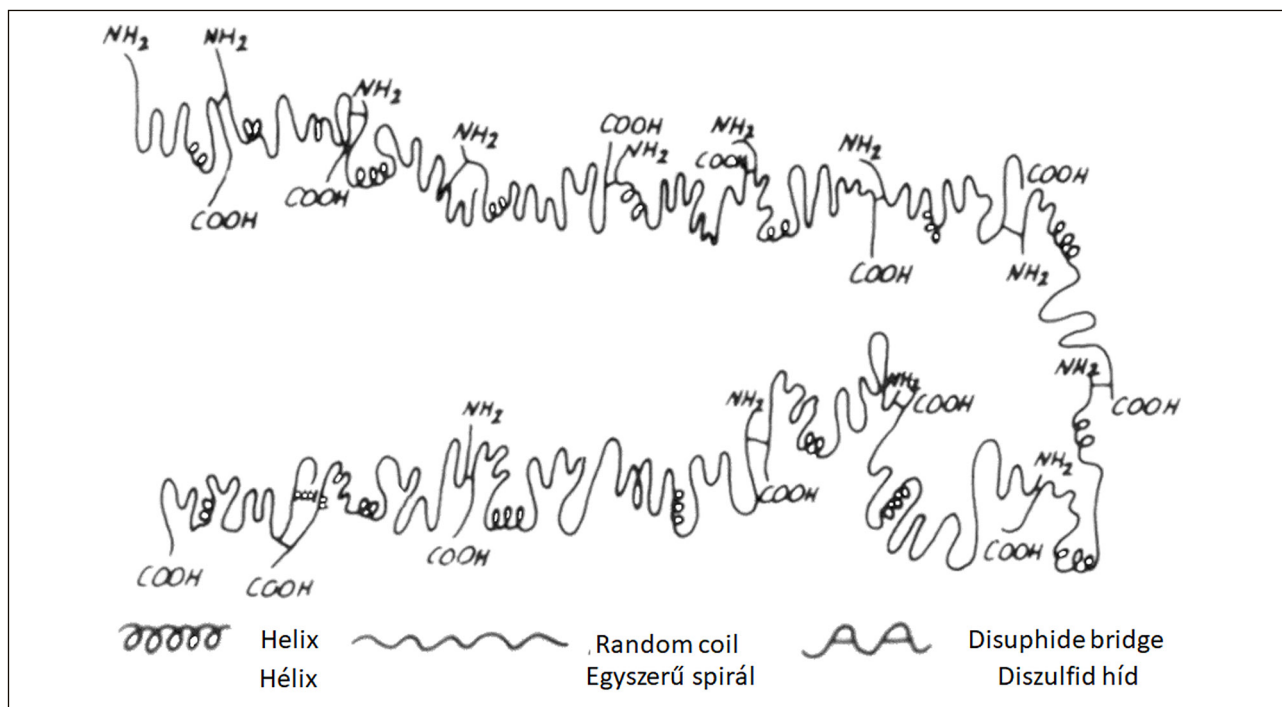
1/a. ábra. Lásztity professzor szakirodalmi munkásságának néhány terméke (szakkönyvek)



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-ból 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 oktatva/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 aktivan, 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 írott 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 nomenklatúra 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 vegyületsoport 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 nomenklatúra 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 tény, 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 Lászlóczy Professzor 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 nagysikerű 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 quality of bread. *Cereal Chem* 8: pp. 44-50.
- [6] Lásztity R, (1996): 75 years in the service of the Hungarian Food Industry. *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.4th Edition.* Eds: Bock JE, Don C, Elsevier
- [10] Annon (2012): 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 búzáék 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 számítógépes feldolgozása. *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.Akadémi 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 Bedürfnisse. *Mühle + Mischfutter.* 122. pp. 628-630.
- [46] Békés, F., Kemény, A., Kemény, S., Merész, P., Demeter, L. and Varga, J. (1988): Gelelektroforeziskísérletek számítógépes mennyiségi kiértékelése I. Relatív mobilitás skalák összehasonlító vizsgálata. *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 3rd 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. 57th 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 β -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

Inside-outside view on the international recognition of cereal research of the Department

Keywords: model of wheat glutenin, tentionions, arabidoxane, activan

1. SUMMARY

The author summarises the research and teaching work in food chemistry at the Budapest University of Technology, now known as the Budapest University of Technology and Economics. The manuscript is based on a lecture given at the University's "100+10" anniversary celebrations (*the Ed.*).

¹ External Member of the Hungarian Academy of Science, FBFD PTY LTD NSW Australia

2. Introduction

The rather unusual title of this paper requires some explanation: The author started to work as a demonstrator during his last semester of his chemical engineering studies in 1972 at the Department of Biochemistry led at that time by professor Telegdi-Kovats. He was employed as a sponsored postgraduate in July 1972 under Professor Lásztity, two weeks after the change of leadership of the department. He carried out research and was involved in undergraduate teaching, moving ahead on the academic ladder, achieving university doctorate and PhD till 1987 when he was invited to join the Wheat Research Unit of CSIRO (Commonwealth and Industrial Research Organization) in Sydney, Australia. Being involved cereal research there he had a permanent and a continuous relationship with the staff of the Department in Budapest, he was not only a witness but also a participant of the ongoing research there, meanwhile he had the opportunity to directly perceive the recognition of the Departments' research activity on the international platform.

3. Early history

Before covering the story of cereal research carried out at the department, it is worth to mention an episode happened 50 years earlier than the establishment of the department but had and even has nowadays strong effect on its spirit and strategy.

The last quarter of the 19th century is the era of success of the Hungarian milling industry, when the chilled-iron roller mills equipped with planar sieves, manufactured by the factory of Abraham Ganz spread around the world. A functioning model-mill, to demonstrate the revolutionary new technological solutions of the Ganz mills, with all their novel features, have appeared in Australia. The mill was capable to mill some kilogram grain for evaluating its quality. This equipment, representing one of the superior products of the Hungarian manufacturing industry of the XIX century is also a valuable symbol of the Australian grain industry developing in same time. However, the mill has an important role in the birth of cereal chemistry as scientific discipline, too [1].

In the 1890ies the Australian wheat breeder William Farrer and Fredrick Guthrie, the chemist working with Farrer introduced the concept that the *quality of wheat* also should be considered together with harvest yield as a criterion used during wheat breeding. Guthrie's concept was to evaluate quality by applying identical methodologies and scaled down equipment and in the laboratory as the milling and baking industry practice in large scale [2]. So, it was inevitable that Guthrie should turn to this form of milling when he was asked to evaluate the milling qualities of a series of cross-bred lines of Farrer, in 1894. Guthrie took the model mill to his laboratory and started to evaluate Farrer's wheat line on it: The Ganz mill became the very first test equipment to evaluate the milling quality wheat – the discipline of grain science born [3].

Guthrie's model mill – after several decades of vicissitude – was taken back to Hungary in 2011 and now it shown as a part of the permanent exhibition of the history of the Ganz mills in Budapest at Foundry Museum of the Hungarian Technical and Transport Museum.

4. The beginnings

Cereal science is one of the most important research directions at the Department since its establishment under in the 20ies under the leadership of Mihály Vuk. In the first quoter of the the XX. century, the Hungarian grain science was internationally well-recognised László Karácsonyi achieved internationally known results in investigations of bread staling, published in the then established American journal, *Cereal Chemistry* [4, 5], the Pekár flour colour measuring method, became widely known and applied in several countries [6], internationally one of the very first detailed information about the chemical composition of the Hungarian wheat and wheat flour was published [7]. Hankóczy's dough rheology equipment had been developed in this period, revolutionising the wheat chemistry: he discovered the farinometer in 1905, the very first equipment which was capable to determine the extensibility of dough and gluten. After further development he established the Farinograph, for the simultaneous determination of the water absorption of the flour, the quality of the gluten and the dough development time [8,9]. His method and his invention has been spread around the world. He proposed the establishment of Hungarian wheat cadastral leading to quality-based wheat selection in breeding [10,11].

Under the leadership of Vuk Mihály, the department played important role in the development of methodologies for Hungarian food analytics and quality control. He published the first Hungarian food chemistry textbook with his co-workers, Zoltán Sándor and Károly Vas [12], he is the author of the first Hungarian wheat chemistry book [13].

5. Radomir Lásztity, the “Hungarian Pomeranz”

A new, internationally well recognised era started in 1951 when Radomir Lásztity joined to the department and especially from 1972 when he took over the leadership at the department. The number of staff doubled; the average age dropped by 30 years. In addition to his research activity, Lásztity had essential role in shaping the educational structure of the Chemical Engineering Faculty by establishing the bioengineering division, he had a mentor role of for the teaching and research stuff of Department. His teaching passion is best illustrated by the fact that throughout his carrier he always has found time to write numerous much-needed textbooks in English and Hungarian language as well as books for undergraduate and postgraduate students in co-authorship with colleagues from The Department or from other institutions. Since its publication in 1984 by CRC Press under the title “The Chemistry of cereal proteins”, it has become one of the most frequently mentioned handbooks in the literature worldwide. Radomir Lásztity’s most important works on this subject are presented in **Figure 1** without claiming to be exhaustive.



Figure 1/a. Some important book publication of Professor Lásztity (reference books)

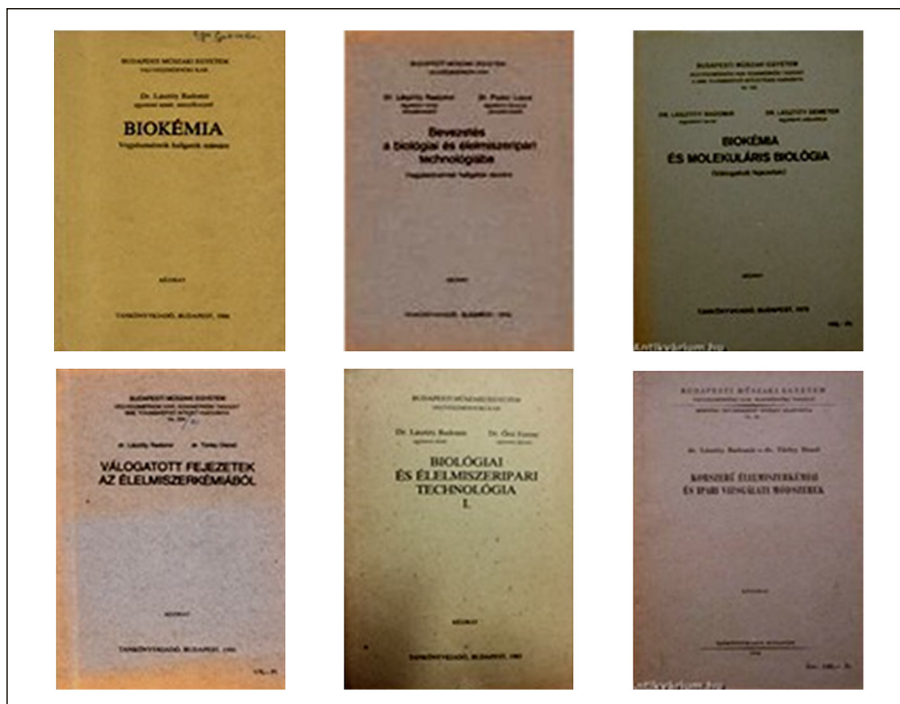


Figure 1/b. Some important book publication of Professor Lásztity (university notes)

The openness for new ideas of Lásztity is best demonstrated by the fact the Ganti's Chemoton-theory on the principles of life has been part of the curriculum of bioengineering students at the faculty first time around the world as a part of a facultative subject of "Selected chapters of Biochemistry" under the name of Lásztity. Several awarded student works, thesis have been written on the related subject, and a self-study small group called "Kinetic Club", sponsored by the MTESZ, has actively worked on topics related to pre-biology evolution, not only with students from the BUTE, but from SOTE and ELTE.

From the very beginning, Professor Lásztity's personal research focused on the investigation of structure and rheological properties of dough and on the development of new apparatus and methodology for this task [14, 15, 16, 17, 18]. The most important groundbreaking result of his work was the development of a linear structural model of wheat glutenin [19] (Figure 2), which made his name one of the greatest of the era (Bloksma, Evans Ewart, Pomeranz).

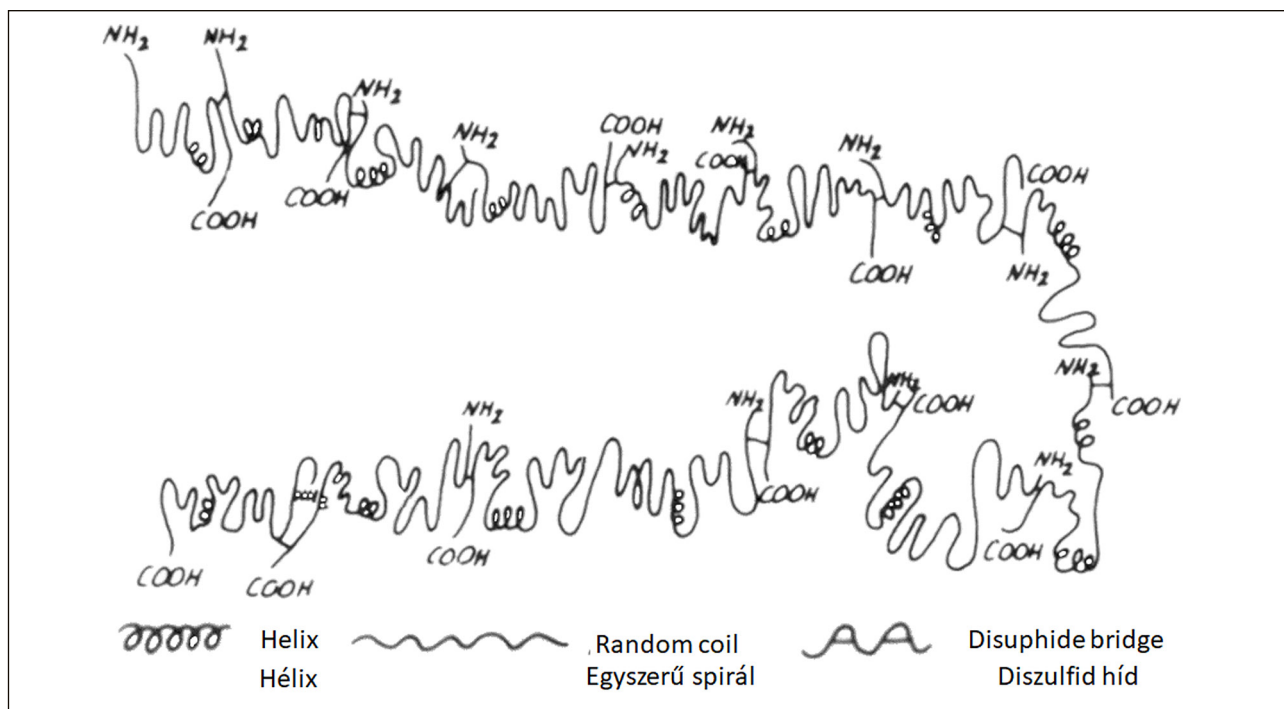


Figure 2. The linear polymeric structural model of wheat glutenins developed by Lásztity [19]

Lásztity's place and role in the world grain science pantheon was most succinctly articulated by Colin Wrigley, a world-renowned Australian representative of the profession, when he introduced Lásztity, who was an invited speaker at the annual Australian Grain Chemistry Conference in the 1990s, as the "Hungarian Pomeranz" before his presentation (Pomeranz is the greatest figure of our profession of all the time, who, in addition to his own research, has enriched the field of cereal science with over 500 publications, teaching, educating generations of students at several universities in the USA as a scientific organizer. F. Bekes).

6. Priority research directions

Lásztity's definition of wheat gluten is the most accurate description to date of this complex food constituent with an extremely intricate structure: Wheat gluten is a protein-lipid-carbohydrate complex formed during dough making when, as the results of mechanical input, several specific covalent and non-covalent interactions are formed among the hydrated components of flour. This definition illustrates Lásztity's lifelong interest in the complex structure of foodstuffs, which has ultimately defined one of the most frequent areas of cereal research in the Department to date, the study of the composition and structure of protein-lipid and protein-carbohydrate interactions and their relationships to functional properties of dough.

6.1. Research on complex proteins in wheat

The Department's numerous publications on this topic [20, 21, 22, 23, 24], and not least the methods for estimating baking properties based on these complex chemical interactions [25, 26] have generated considerable international interest. The Department has been recognised as one of the most important centres of research in this field. This area also includes the research on thionins, a lipoprotein of cereals with a particular composition and small molecular mass [27, 28], which resulted in two publications cited

more than a hundred times in the international literature: one on the detailed structural model of the lipid complex of wheat purothionin [29], and the other on the amino acid sequence of the oat thionin, avenothionin [30]. The study on complex wheat proteins is still an active area of research in the Department through international collaborations, in particular in on arabinoxylane and its interactions with wheat storage proteins [31, 32, 33, 34, 35, 36].

6.2. Cereal laboratory instrument development, collaboration with LaborMIM

Another very important research area of the Department, initiated by Lásztity, is the development of testing equipment and methodologies for the cereal industry. This activity has been carried out in the framework of a decades-long collaboration between the Department and the engineers of the Laboratory Instrumentation Works (LaborMIM) [16, 17, 18]. To quote the 1971-72 Yearbook of the Faculty of Chemical Engineering of the BUTE: “The department regularly carries out the determination of parameters for the design of new laboratory grain and flour testing instruments, as well as the measurement and expert evaluation of equipment and instruments for complete laboratories. In 1970, the Department carried out a study on the design of a micro-baking and moisture measuring equipment, an elastograph, a bread-crumbs investigating apparatus, a hydrolysis equipment for rapid protein content determination. Contractor: the company named LaborMIM.”

Contributions to the creation of numerous grain testing instruments, in addition to a large number of scientific publications and patents, have significantly enhanced the reputation of the Department both in Hungary and abroad. For decades, Valorigraph was the basis for grain classification in Hungary, so the expert level of knowledge of the instrument provided a direct link with the industry namely with the Department of Quality Control of the Hungarian Grain Trust, headed by Pál Kézdy, and the two relevant industry research institutes (Grain Research Institute, Baking Research Institute). Through these contacts, the Department has been able to obtain first-hand information on the development ideas of the cereal industry and to contribute to the solution of problems that arise. Two examples of these latter are worth mentioning here, because both topics, which were originally industrial problems, developed into basic research projects at the Department, which have been internationally acclaimed for several years. The severe mycotoxin infection appearing in the Hungarian cereal chain led to start to deal with analytical problems of mycotoxin-contaminated grain, which activity later extended in the direction of mycotoxin detoxification [37, 38, 39, 40]. The Department's research on in vitro biological value evolved from its expert advice on feed optimisation activities for the Grain Trust, resulting in the development of a non-linear optimisation methodology using novel chemical indices [41, 42], as an objective methodology for the formulation of both human food (e.g., baby food) and feedstuff [43, 44, 45].

LaborMIM's grain analysers were widely used not only in domestic applications but also in countries behind the Iron Curtain: their purchase, unlike comparable analysers in Western countries, did not require “hard currency” in these countries. This was one of the reasons for close cooperation between the Department and researchers from neighbouring countries, especially the former Yugoslavia and Czechoslovakia.

In terms of content, the LaborMIM relationship has far exceeded the decades of cooperation based on grain industry instruments, with the Department actively involved in the development of other products of the company, such as liquid chromatographs and electrophoretic equipment. One of the success stories of these activities was the BNW's grand price-winning complex seed testing laboratory, which produced a world-class gel-electrophoresis apparatus and a computer program package for variety identification tasks based on a pattern recognition algorithm written under DOS environment [46]. An improved version of the program, converted to Windows, is still in use today by many research and breeding institutions worldwide under the name “PatMatch” [47].

7. Gluten workshops

In 1980, researchers from the Department were invited to participate in an exclusive International Wheat Gluten Workshop organised by INRA (Nantes, France), which was attended by the world's leading wheat research institutions. The “International Workshop on Gluten Proteins” has become the highest level professional forum in the field, traditionally held every 3 years since 1980. The Department has been represented at all 13 Gluten Workshops held so far, and we organized the 3rd Workshop in Budapest in 1987. The 3rd Gluten Workshop in Budapest has been rated by the profession as one of the highest quality and best organised meetings to date [48].

8. The 80s, wheat research at the crossroads

The 2nd Gluten Workshop held in Wageningen in 1984 was an important milestone in the history of the field: it was here that a Lásztity-Shewry polemic on the use of the word prolamin took place, raising much more general questions. Until then, cereal chemistry had classified cereal proteins according to the classical nomenclature laid down by Osborne, based on their solubility.

It was the early 80s that plant molecular biology and genetics came to interpret the genetics of this complex group of compounds, leading the British research group led by Mifflin to formulate a genetically based grouping and new nomenclature for wheat proteins [49], (Figure 3). This provides a more precise designation/definition of the different protein groups in all respects, but it contains a serious problem -not at all important from the view of content – but with consequences: the *prolamin* designation of the alcohol -soluble proteins of the Osborne nomenclature is by Mifflin et al with a completely new content to designate a different concept, causing a great deal of confusion in the literature published over the last 50 years.

Following Shewry's presentation, Lásztity, recognizing the problem, made a comment that led to a long and substantive discussion, pointing out the great dilemma of that era of cereal chemistry: until then, cereal chemistry had focused on wheat and wheat flour as the *raw material for bread-making*, but with the advance of molecular biology/genetics, *wheat as a biological object* came to the fore. This meant that while the former approach focused on the properties of flour and in particular dough, based on complex interactions, latter focused entirely on the components, i.e. the individual genes representing the genetic make-up of the wheat plant, completely ignoring the fact that the techno-functional properties of wheat flour is manifested through the *interactions* between the products of these genes.

We reported on the Workshop in an article entitled "At a crossroad in wheat protein chemistry?" in the magazine, Food Industry [50]. Unfortunately, the evolution of the field over the next 10 years has proven our fears to be well founded, and even showed signs of splitting. Although both camps have achieved epoch-making results – an era when biochemical and then molecular markers have been introduced in plant breeding, NIR technique become routine method for the quantitative analysis important grain and flour components, when MacRitchie and his co-workers developed the reconstitution technique, the production of unique wheat proteins become available bacterial expression, wheat protein genes have been genetically altered – but at the same time the gap between basic research I cereal chemistry and applied research that can directly serve practical applications has widened considerably. The results of biotechnology, in particular following the successful solution of wheat transformation, have led to articles by leading experts predicting that in the near future genetic engineering will take over the function of plant breeding and that new genetically modified varieties will be created to meet the various needs of cereal technology. Of course, their prediction did not come true at all.

It is no accident it was Peter Shewry, Olin Anderson and Rudi Appels, the most prominent pioneers in the application of molecular biology in crop science, who were first realize that the unprecedented potential of molecular approaches and tools could only be fully exploited, if we can not only manipulate the gene and detect its product in wheat, but also - using the tools and experience of traditional cereal science – we can follow and interpret their effect in wheat-based products. This realisation has opened a new chapter in cereal science, in which the Department has played a key role.

9. Development and application of small- and micro-scale dough-testing equipment and methodology

At the turning of 1980s and 1990s, British and American researchers solved the problem of isolating genes coding various gliadin as well as glutenin proteins and producing the encoded proteins at mg scale by bacterial expression. Around the same time, the 2g Mixograph, the first micro-scale dough tester, originally developed for early selection in wheat breeding, was found to be an excellent basic research tool: by adding a few mg of protein to the flour during dough mixing, its effect on mixing characteristics could be monitored and recorded in a sensitive and reproducible way [51]. By means of a consecutive reduction/oxidation process carried out directly in the mixing bowl, supplemented glutenin subunits could be incorporated into the polymeric structure of glutenin polymer and their effect on the rheological properties of the dough could be studied [52]. These novel test methods opened the way to investigate the relationship between the dough properties and the structure of added/incorporated natural and/or genetically modified proteins [53, 54].

The characterisation of wheat transformed with modified wheat genes [55] and the above-mentioned *in vitro* methodologies had two fundamental shortcomings: we did not have the means to mill gram quantities of transgenic seed into flour and there was no micro-scale equipment for the determination of one of the fundamental properties of wheat flour: water absorption, the parameter what is actually measured on macro scale using the Hankóczy Farinograph.

It was the time when members of the Department and the staff of two small Hungarian companies, engineers from the then defunct Labor MIM, joined forces with Australian CSIRO researchers [56] to create the world's smallest laboratory micro-mill, capable of grinding even a single grain of wheat to flour [3, 57] and micro-version of Hankóczy's Farinograph (micro-Z-arm mixer), capable mixing 4 gram of flour and determining mixing properties, including water absorption [58, 59, 60].

These developments are an integral continuation of the Department's activity in this field, which has been carried out in the spirit of Guthrie and are the culmination of decades of cooperation with LaborMIM. The micro-mixer is a joined intellectual property of BUPA and CSIRO, the manufacturing rights were purchased by Newport and its successor, Perten. And which is now being further developed, manufactured and marketed under the name of Micro DoughLAB. More than 200 units are in operation in 41 countries worldwide. Nowadays, wheat transformation for research purposes, research on structure/function relationships of wheat proteins, QTL analysis on large sample population, molecular marker development, all basic and applied research areas where sample size is limited, are unthinkable without the use of Z-arm micro mixer.

The Department has been/is involved in a large number of international collaborations in various areas of cereal science using its micro-scale test equipment [61, 62, 63, 64, 65, 66]. Instrument development, development of new micro-scale equipment and methodologies is still an important area of research in the Department. Recent developments include a micro Zeleny sedimentation apparatus [26, 65, 66], a micro scale apparatus for gluten-washing with starch isolation options [67] and a complete micro scale test baking facility and methodology [68, 69, 70].

The significance of the Hungarian-Australian cooperation on micro-scale testing was perhaps most succinctly expressed by *Harry Sapirstein*, a Canadian researcher, who introduced the authors of a paper on micro scale studies (Tömosközi, Gras, Varga, Rath, Nánási, Salgó, Békés) at a conference in the USA with these words: "They were the *traitors* to traditional cereal science who made contact with the *gene-jokies* – opening a new chapter in cereal science by their joined achievements.

10. Other international contacts

This overview of the Department's international relations would not be complete without mentioning the activities of the Department's staff in various international associations. Professor Telegdy-Kováts became a member of the Executive Committee of the ICC (International Cereal Chemistry Association, Vienna) as early as the 1960s, and was replaced by Professor Lásztity in 1978, even serving as President of the ICC for one election cycle. The Department, through Dezső Törley and András Salgó, was actively involved in the work of the FAO/WHO Codex Alimentarius. Budapest has been the venue for several highly successful ICC events, on one of which in 2002 András Salgó received the ICC's prestigious Harold Perten Award as a recognition of his work in the field of near infrared (NIR) technique in cereal science [71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 84].

As a member of several largescale international collaborations organised by the ICC and the EU, including the MoniQA [81, 82, 83] and HealthGrain [84, 85, 86] projects the staff of the Department have worked and published results with researchers from numerous countries in Europe. Among these links, a special place is occupied by the cooperation with the sister department of BOKU in Vienna, which has been established over several decades and includes not only research but also the training of chemical engineering students [33, 34, 87, 88, 89, 90, 91, 92].

11. Conclusion

The broadening concept of cereal quality, such as the need to study nutritional and health related properties, continues to reinforce the interdisciplinary nature of food science. New disciplines and new methodologies are being integrated into traditional research/development processes.

As illustrated above, the research palette of the Department has been enriched accordingly with new colours. Large-scale instrumentation techniques, indirect methods for online control have been added to the research topics, as well as the study of allergenic/toxic components of food materials, including cereals.

Building on the Department's long tradition, these are carried out on an international scale, often in the framework of international cooperation.

12. References

- [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.4th Edition.* Eds: Bock JE, Don C, Elsevier
- [10] Annon (2012): 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): Macrocytic 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 taplalekfeherjek 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): Gelelektroforezis-kiserletek 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 3rd 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. 57th 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 β -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

**TÖMÖSKÖZI Sándor¹, KORMOSNÉ BUGYI Zsuzsanna¹, NÉMETH Renáta¹,
SCHALL Eszter¹, FARKAS Alexandra¹, JAKSICS Edina¹,
JUHÁSNÉ SZENTMIKLÓSSY Marietta¹, MUSKOVICS Gabriella¹**

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.

¹ 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

bugyi.zsuzsanna@vbk.bme.hu

nemeth.renata@vbk.bme.hu

schall.eszter@vbk.bme.hu

farkas.alexandra@vbk.bme.hu

jaksics.edina@vbk.bme.hu

szentmiklossy.marietta@vbk.bme.hu

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].

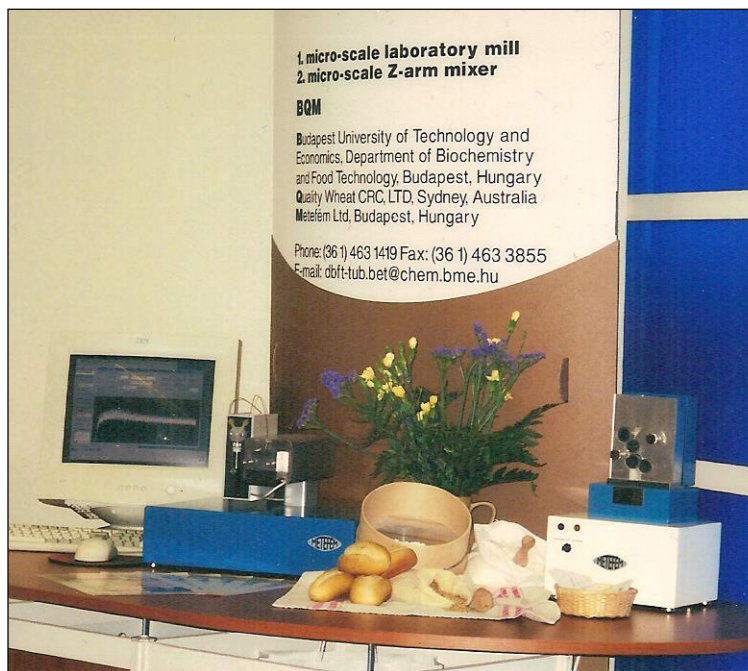
A fehérje és általában a makromolekulák egyedi szerepének vizsgálati lehetősége új igényt is teremtett olyan módszerek és mérőeszközök fejlesztése iránt, melyek alkalmasak kis mennyiségű minták komplex reológiai és végtermékminőségének tanulmányozására. Nem sokkal később a mikromódszerek iránti igény 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 meghajtómű 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.

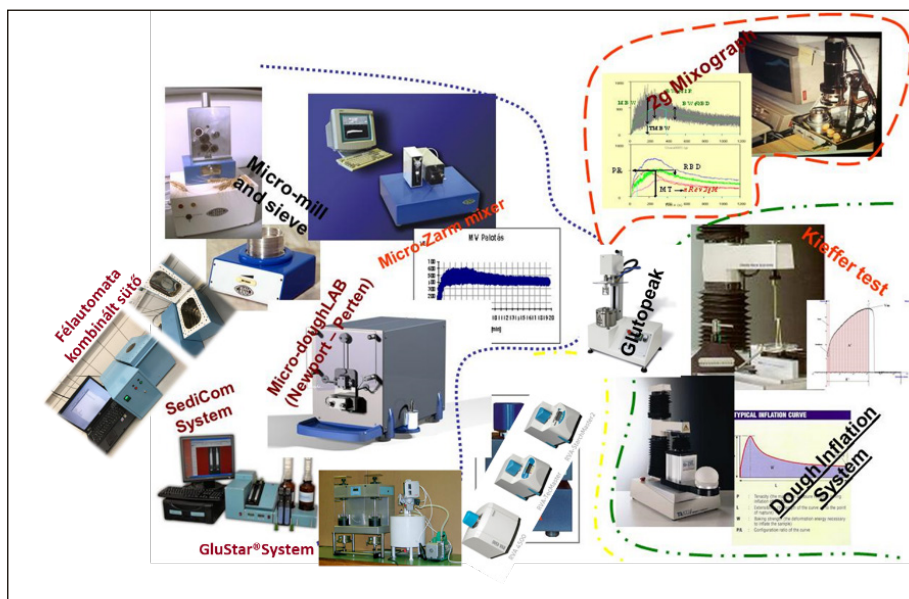
A későbbi műszerfejlesztések már jórészt magyar tevékenységhez kötődnek, elsősorban a BME-ABÉT Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport és a Lab-Intern Kft. együttműködéséből születtek, részben szintén pályázati források bevonásával. A műszercsalád második tagja a szabványos Zeleny szedimentációs 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 tésztaszterkezet 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 sajátságait 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.

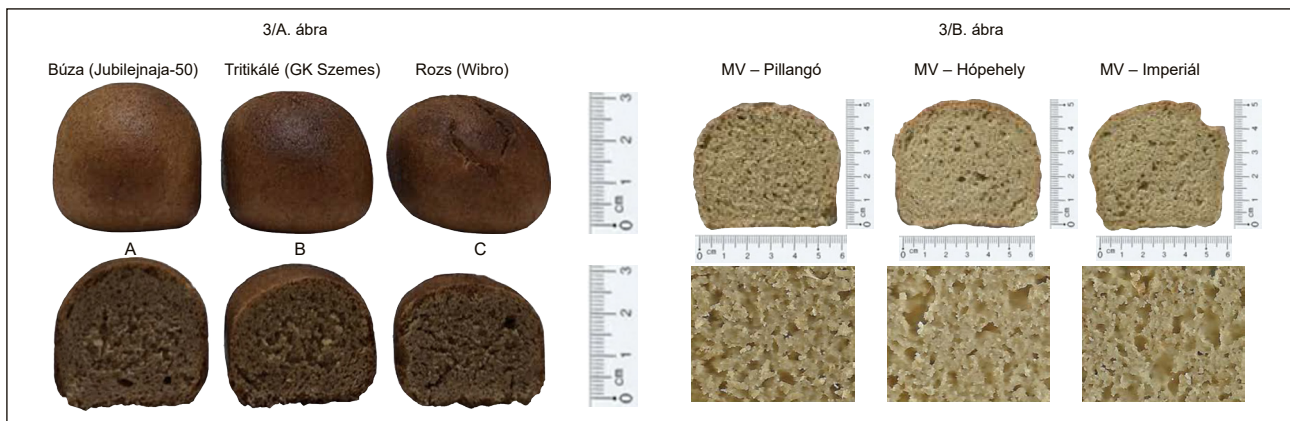


2. ábra. A jelenleg leggyakrabban alkalmazott kis mennyiségű gabonaminták vizsgálatára alkalmas műszerek, ezen belül a bal oldalon a BME közreműködésével elkészült berendezések áttekintése

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)

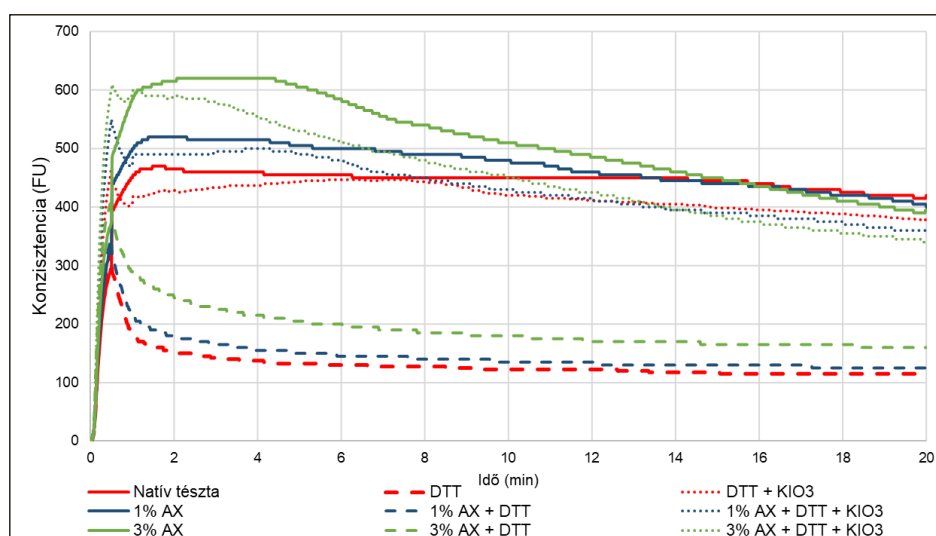


3. ábra. Példa a kisméretű sütési teszt alkalmazására

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 búzateszta dagasztási tulajdonságainak alakulására [67] (DTT: redukált búzateszta; DTT+KIO₃: redukált, majd reoxidált búzateszta; 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.

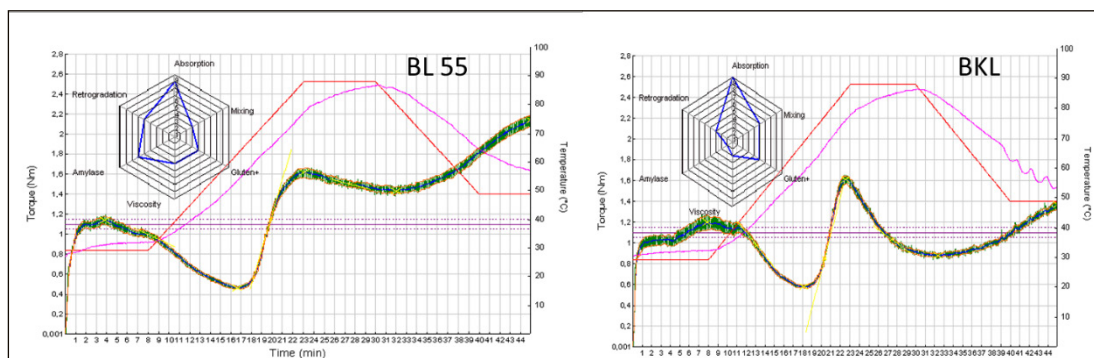
Mindezek megoldási kísérleteként először a Pannon Búza Védjegy minőségi követelményrendszerét dolgoztuk ki két kategóriában (**5. ábra**) [69, 70]. Bár ezt az akkori gazdasági valóság nem fogadta be, az eredményeket és a szemléletet sikerült átvinnünk a hazai étkezési búzára vonatkozó szabvány megújításának 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
Búzaminőség		
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
Laboratóriumi liszt minőség (ICC módszer szerinti előállítás)		
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 ²)	120,0	75,0

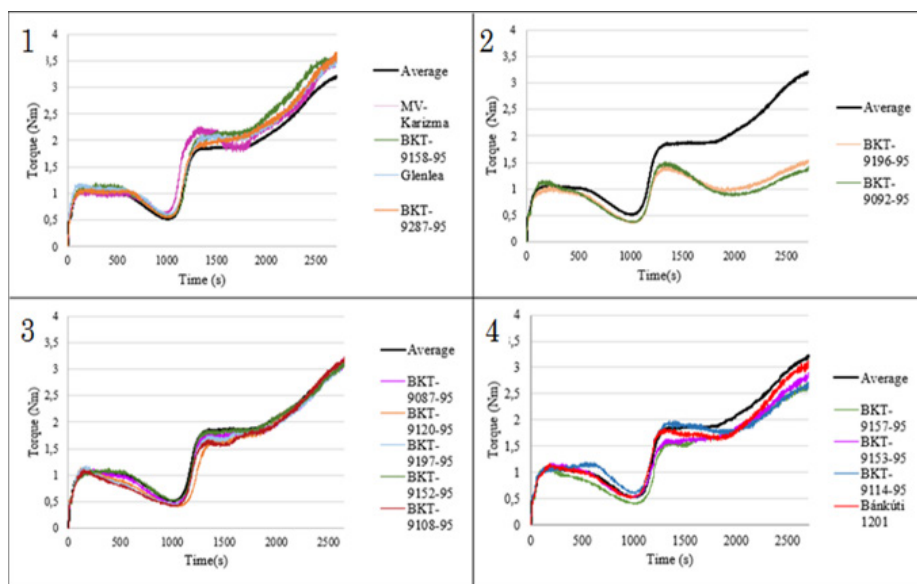
5. ábra. A Pannon Búza Védjegy minőségi követelményei 2008-ból

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 sütő-, édes-, és más ipari és egyéb élelmiszerek előállítására 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 őrlemények, 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 β -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].

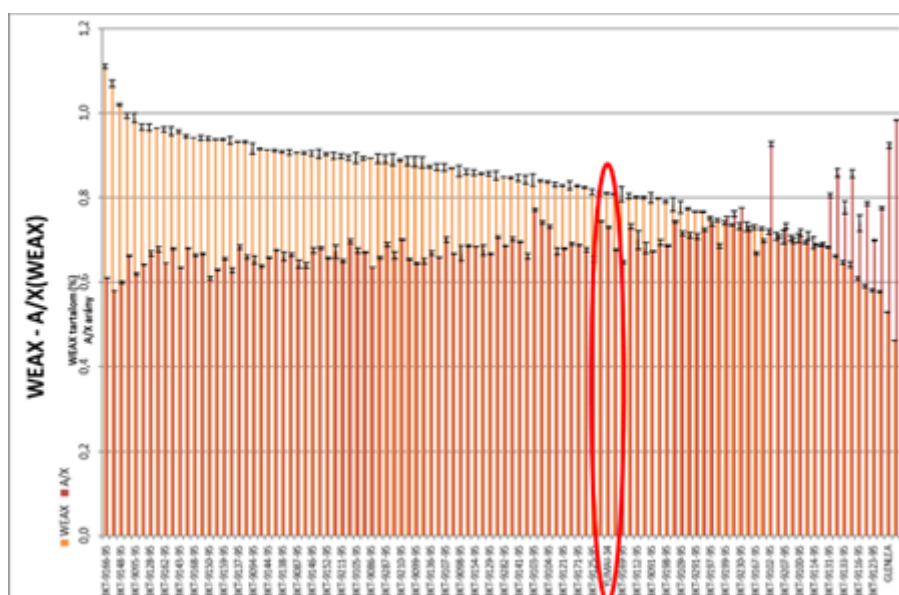


6. ábra. Példa Mixolab alkalmazására: általános (BL55) és speciális, aleuronrétegben gazdag (BKL) búzaőrlemények komplex reológiai jellemzése

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 sütőipari minőségű búzafajták megalkotása alapozta meg. Ebben a folyamatban mérföldkönek tekinthető a közismerten kiváló sütőipari 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

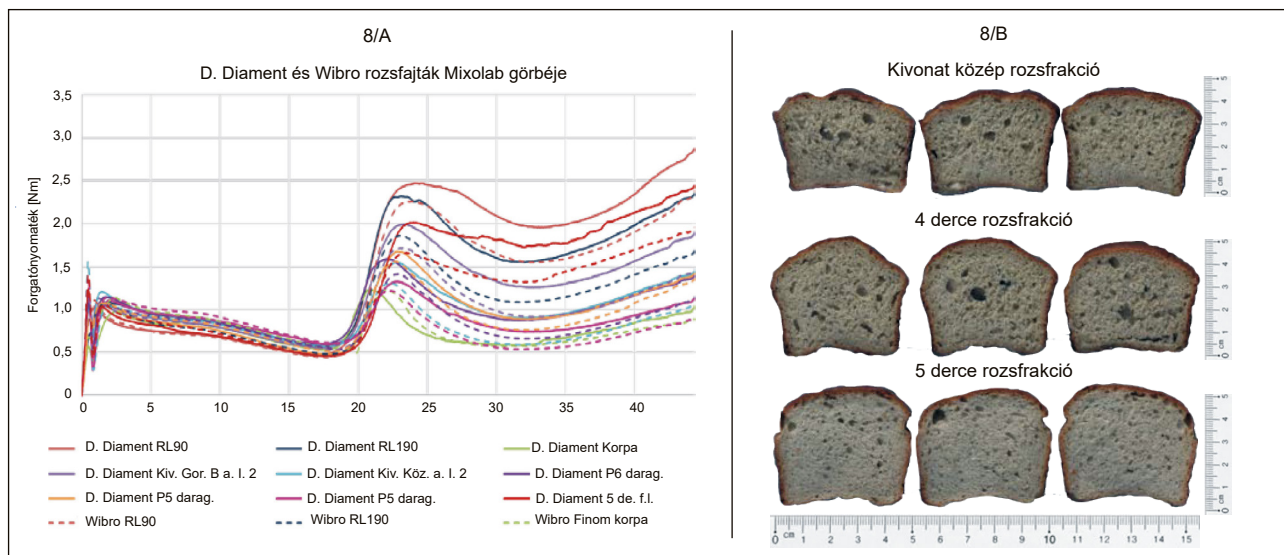


7/B. ábra. Bánkúti fajták és vonalak oldható arabinoxilántartalmuk és arabinóz/xilóz arányuk változékonysága

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

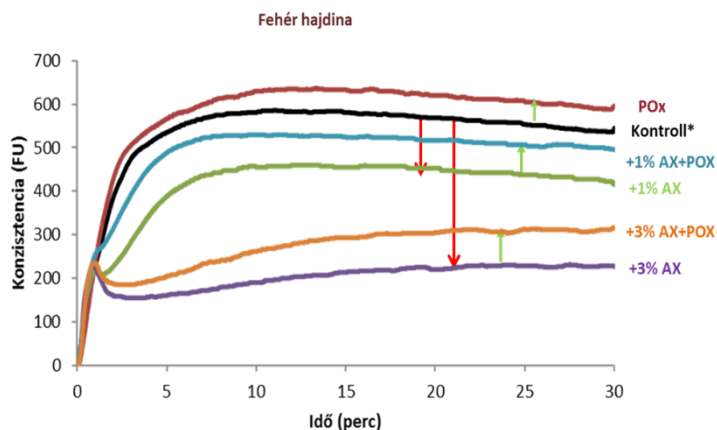
A nagygabonák, ezen belül is elsősorban a búza, jelentős hagyományon és tudásbázison alapuló minősítő szempontrendszerrel és az ezt kiszolgáló, széleskörben elfogadott, szabványosított módszer- és eszközháttérrel rendelkezik. A jelenleg lényegesen kisebb mennyiségben termelt, de speciális táplálkozási 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 kiscabonák 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 Diamant 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].



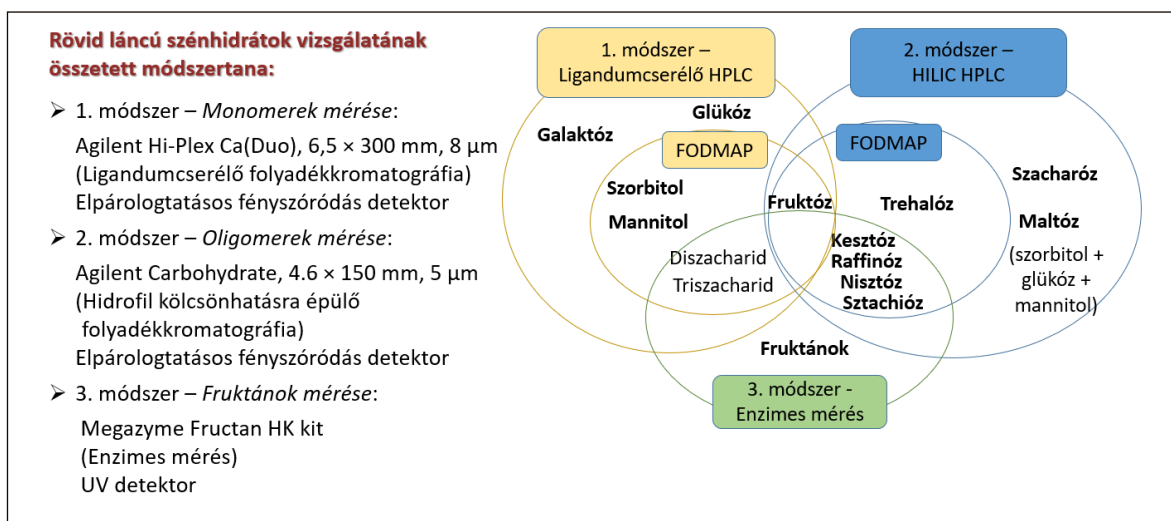
9. ábra. Fehér hajdinalisztból készült tészta micro-doughLab műszerrel mért dagasztási tulajdonságainak változása arabinoxilán adagolás és oxidáció hatására

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 őrlmények 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
- [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
- [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] Selmair 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: EisenachVolume: 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 búzaőrlemény 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
- [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

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_Piac-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)

Sándor TÖMÖSKÖZI¹, Zsuzsanna KORMOSNÉ BUGYI¹, Renáta NÉMETH¹,
Eszter SCHALL¹, Alexandra FARKAS¹, Edina JAKSICS¹,
Marietta JUHÁSZNÉ SZENTMIKLÓSSY¹, Gabriella MUSKOVICS¹

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

Received: October 2022 – Accepted: November 2022

Recent past, present and hoped-for future of cereal science and plant protein research

Keywords: cereals, protein, micromolecule, wheat starch, gluten, grain quality, FODMAP

1. SUMMARY

The fields of science indicated in the title represent centuries old research and development activities of the current department and its legal predecessor institutions, matching the standards, expectations and possibilities of the given era. It is of course impossible to summarize all this in a few pages. A tangential or more detailed description of some areas can be found in other chapters of this issue compiled to review the scientific activities of the department (e.g., in the articles of András Salgó and Ferenc Békés, Zsuzsanna Bugyi et al., Eszter Schallet al.) and in the summary article presenting the department's food science activities [1]. In our current paper, we attempt to provide a brief overview of research directions and results that, from the 1990s to the present day, have played a decisive role in the activities of the department, including the Cereal Science and Food Quality Research Group, as well as in the development and shaping of its research profile.

The years following the regime change were decisive in the lives of all of us. The conditions for education and the cultivation of science changed continuously and significantly, mostly worsening in this transition period. Many people questioned whether it was worth continuing to cultivate the old, traditional areas, or whether we should be more open, modernize and look for new ways, taking advantage of the extremely slow but continuously opening opportunities for building domestic and, especially, international relations, and later for tenders and financing. Progress, development, and openness to new ideas should be essential qualities for an educator and researcher. However, the acquisition of knowledge, experience, and skills takes time, as does the creation and maintenance of the conditions necessary for the cultivation of old or new fields.

¹ Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

Sándor TÖMÖSKÖZI

Zsuzsanna KORMOSNÉ BUGYI

Renáta NÉMETH

Eszter SCHALL

Alexandra FARKAS

Edina JAKSICS

Marietta JUHÁSZNÉ

SZENTMIKLÓSSY

Gabriella MUSKOVICS

tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu

bugyi.zsuzsanna@vbk.bme.hu

nemeth.renata@vbk.bme.hu

schall.eszter@vbk.bme.hu

farkas.alexandra@vbk.bme.hu

jaksics.edina@vbk.bme.hu

szentmiklossy.marietta@vbk.bme.hu

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>

In this uncertain operating matrix, in the mid-1990s we decided to move towards new areas (modernization of food analysis, automatic and rapid test methods, food safety), while trying to maintain and strengthen the cultivation of traditional fields (such as research related to cereal science and plant proteins, development of analytical methods and instruments) that had gained national and international recognition thanks to the work of our predecessors [1]. In the following sections, a brief summary of grain qualification and related method and instrument developments enabling the examination of typically small amounts of material, research on the qualification of small and pseudocereals and improving their possibilities of use, as well as analytical and product development results for increasing food safety, partially related to the previous topic, is given.

2. Development of grain qualification instruments and methods suitable for testing small amounts of samples

Practically until the beginning of the 20th century, the concept and content of grain quality were primarily limited to the development of cultivation indicators, possibly cleanliness, and the sensory assessment of the quality of foods made from the crop. As the milling industry, and later the baking industry became medium, then large-scale, quality, especially wheat quality became a critical issue [2]. At the end of the 19th century and at the beginning of the 20th century, research aimed at promoting technological developments, then aimed at influencing technological quality, as well as examining the relationships between composition and quality began. A key issue in the development of the field has become the development of methods and instruments that provide objective results suitable for determining technological quality (milling behavior, rheological properties of doughs made from ground flour, etc.), including the determination of gluten content, gluten strength and kneading properties, in which Hungarian researchers have also played a pioneering role on a global scale from the beginning [3].

By the last quarter of the 20th century, it became clear that to investigate the relationship between composition and quality, and to understand unique rheological factors or those influencing the quality of the complex product, it is not enough to apply the „analytical approach”, that is, knowledge of the macro- (e.g., protein or gluten content) and micro-composition (e.g., amino acid or protein subunit composition and size distribution). Determining the properties of the individual protein molecules was the next step in both understanding quality and improving it. Individual protein molecules and groups can also be produced using more traditional separation methods, but the biotechnological development of the last decades of the last century made it possible to use molecular biological methods and to express individual gluten proteins as well [4, 5].

The possibility of examining the unique role of proteins, and macromolecules in general, has also created a new demand for the development of methods and measuring devices that are suitable for studying the complex rheological properties and final product quality of small amounts of samples. Not long after, the need for micro methods also appeared in the fields of breeding using traditional or biotechnological methods (e.g., the possibility of qualification in the earlier phases of breeding), then in research and development for different purposes (e.g., examination of the role of macromolecules, the effect of additives or treatments) and partly in routine analytics.

First, the 2 g version of the Mixograph, standardized mainly in the American and Australian regions, with a mixing bowl containing needle mixing elements, was completed [6], which was successfully used as a revolutionary new research tool to identify the role of expressed proteins [5, 7], in incorporation experiments [8], and in the testing of breeding lines [9], among other things. As a result of the successful application of micro methods, and in parallel with these, measuring devices and methods suitable for testing other parameters (e.g., one-dimensional extensibility [8,10], multi-dimensional extensibility [11], intensive kneading [12]), in addition to normal kneading properties have also appeared. This process can be viewed in a way that test techniques with small sample requirements proved their right to exist in this period and gained wider acceptance [13,14].

The employees of our department managed to connect to this fantastically exciting field almost from the beginning. Despite the success of using the 2 g Mixograph, it became necessary for both Australian developers and international researchers using the method to move on. It is an undoubted professional fact that the physico-chemical effects of needle and Z-arm (farinograph and variograph) kneading are partially different [15, 16]. On the other hand, it is indisputable that the use of qualification methods based on standard Z-arm mixers, including the sample preparation for mono- and biaxial extensibility tests, is significantly more common and widespread than mixograph methods [17, 18].

Therefore, the possibility arose to continue instrument and method development at the Australian CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) institute and with its partners, which at that time also covered micro extensograph [8,19] and micro baking processes [20], together with the Hungarian specialists experienced in valorigraph measurement technology. A part of the funds necessary for the joint work was provided by the OMFB (Hungarian National Technical Development Committee) grant awarded in Hungary, which was considered to be a significant amount at the time. In addition to the staff of CSIRO and BME, Metefém Szövetkezet and Lab-Intern Kft. from the Hungarian side, and Newport Scientific Pty Ltd., the developer and manufacturer of rapid viscosity analyzers (RVA) from the Australian side, took part in the collaboration. The most significant part of the consortium work was aimed at the development of the hardware and software of the micro Z-arm mixer, its working name being the “micro-valorigraph and suitable for the determination of the kneading properties of 4 g of flour, and the related measurement methods. At the same time, we can only take advantage of the possibility of testing small amounts of material, especially in the field of breeding, if we have a suitable sample preparation procedure (grinding and separation). Therefore, on the Hungarian side, the tender also included the design of a micro mill and sieving machine, which is suitable even for grain-by-grain grinding.

Scientific articles usually do not include the details and steps of instrument development. This may partly be due to commercial or intellectual property protection reasons, and researchers and systems evaluating research work rarely give such developments their proper due. In cereal science research, as everywhere else, the results obtained using the measuring devices have a real scientific value, and today there is also talk about the reliability, validation, and performance characteristics of the application of the methods. Naturally, we will not go into the technical details here either. However, we would like to emphasize that it is a very long road and hard work from the birth of an idea to its realization. A lot of brainstorming, consultation, and laboratory experiments are necessary to find the right proportions, lengthy design and mechanical work are required to produce the small parts, miniaturize the drive mechanism, to solve thermostatic or automatic water feeding, which was considered to be a novelty at the time, to solve the processing of the analytical signal, to create the control and evaluation software, then from the creation of the prototype to establishing the conditions for serial production. This path was followed for all instrument development, but due to the learning process, the path leading to the development of the micro-Z arm kneading unit was, by definition, the most difficult. The more than 5 years, during which the idea gave birth to the prototypes of the first working micro-devices, partially with domestic cooperation, were hard but, especially in retrospect, incredibly exciting and useful in terms of gaining knowledge and experience. In addition to the colleagues named in the articles, software, and hardware development colleagues, and in the experimental work and testing, many of our students took part, and they also deserve a huge thank you from us. Maybe not from a professional point of view, but definitely a symbolic milestone in the development of the micro valorigraph and the micro mill was the Hannover Industrial Fair organized between April 21-28, 2001, where it was possible to present the functional equipment to the international public for the first time (**Figure 1**).

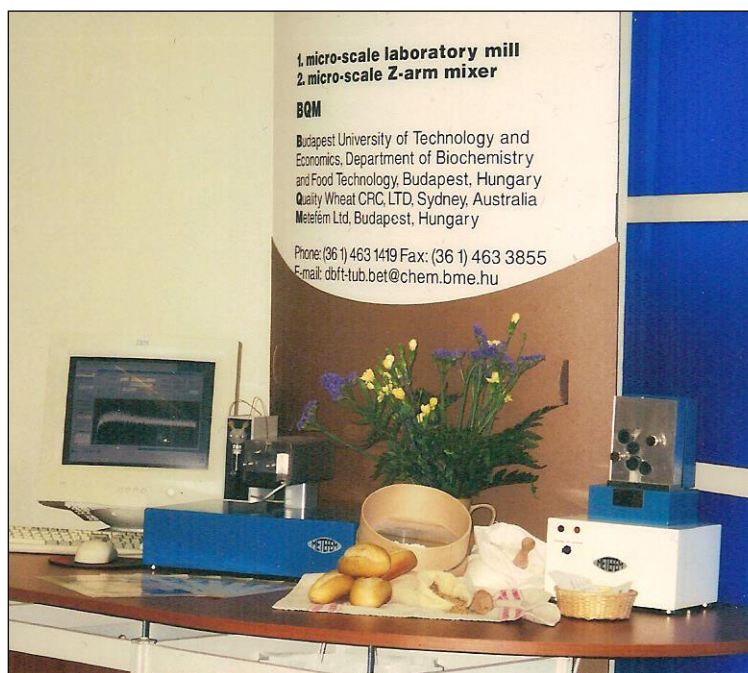


Figure 1. Presentation of the prototypes of the micro-mill and the micro-valorigraph at the Hannover Industrial FairMesse in 2001

Back to the grain science orientation, the initial focus was on validating the justification for instrument and method development, and on comparisons with the results of standard methods using large amounts of samples. The first scientific papers were published, first in the form of conference articles and presentations, and later in the form of scientific manuscripts in Hungarian and English [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]. From the micro valorigraph prototype, Newport Scientific Pty Ltd. Later launched an improved version of the prototype suitable for routine testing purposes under the name micro-doughLab, which was marketed by the Perten Company until 2020. In addition, the micro mill manufactured by METEFÉM Cooperative has also reached many countries and research sites. Much information on the development and application results of the microvalorigraph and the mill can be found in the current and previous [31] issues of the Journal of Food Investigation (Élelmiszervizsgáló Közlemények), in the writings of Ferenc Békés. Therefore, in the following, we will give a brief overview of the later developments of instruments and methods and their role in research so far, mentioning some examples.

Subsequent instrument developments are mainly linked to Hungarian activities, primarily from the cooperation of the BME-ABÉT Cereal Science and Food Quality Research Group and Lab-Intern Kft., partly also with the involvement of grant funds. The second member of the instrument family was the instrument suitable for the automated and small sample quantity (0.4 g of flour) version of the standard Zeleny sedimentation test (SediCom® System). With the help of the sedimentation test, we follow the swelling process of the polysaccharides and proteins of the flours, which can be linked to certain quality properties of the wheat. The method is widely used around the world, the sedimentation value is considered to be a general acceptance and quality classification parameter [32, 33]. As a result of the instrument development, a modular, automatic, combined measuring technique, containing digital signal processing and capable of handling both macro and micro test tubes and the related processing software were developed, a first at the international level, followed by the development and validation of the measurements. The prototype of the instrument also received an innovation award at the ICC conference held in Vienna in 2005 [34, 35, 36].

The determination of gluten content is one of the oldest and still most frequently used wheat qualification methods [37]. In this area as well, there was a demand, mainly from breeding professionals, for the development of a method with a significantly smaller sample requirement than the standard one, which enables the screening of lines in significantly earlier breeding phases. With a cereal chemistry approach, it is also possible to further study the isolated gluten. Not to mention that another main actor in the hydration and dough formation processes is starch, and the investigation of its properties and role has gained new momentum when varieties with, for example, special carbohydrate composition (low amylose or waxy) coming to the fore. Previously, there was no gluten-washing equipment available, which was suitable for both the examination of smaller than standard sample quantities and the separation of the washed-out starch. With this in mind, we also launched the development of our combined macro and micro gluten-washing instrument, later named the GluStar® System, together with Lab-Intern Kft., which debuted at the 13th Gluten Workshop in China in 2011 [38].

The rheological behavior of the dough structure formed after the hydration of ground wheat (water absorption, product-dependent optimal consistency, dough formation process, time, stability, etc.) is an extremely complex process in itself, we know a lot and we don't know or understand even more. This is also a reason why only a total of several rheological tests (kneading tests, mono- and biaxial extensibility, viscosity, falling number, etc.) can provide more detailed information about dough properties [39]. However, it is still the final products that are consumed directly, the quality of which is the result of even more complicated, not unrelated factors. The quality and composition of the raw material, the biochemical and physico-chemical processes that take place during leavening (fermentation) and baking (heat treatment), then cooling and storage (aging) all influence the quality of the final product in ways that are partly known and partly still being researched. The question becomes particularly exciting if it is not white flours, but, e.g., whole grinds, also containing shell parts, whose properties are investigated. Here, in addition to protein and starch, the (bio)chemically much less reactive fibers, hydrophobic lipids, and even the different ionic strength, pH, etc., also enter the picture as structure-forming factors [40]. In order to be able to carry out comparative tests between the quality of the raw material and the quality of the final product, and to enable the examination of the influencing factors, reproducible laboratory bakery tests are needed. Such standard tests have been used in domestic and international practice for a long time [41, 42, 43]. However, the biggest problem is exactly the precision (repeatability, reproducibility) of the implementation of the methods. Currently used standard methods are based on manual execution, with all its "beauty" and reliability problems. Improving the reproducibility of the methods can be achieved by reducing the occurrence of random errors, primarily by at least partially eliminating the human factor. An obvious solution seems to be the at least partial automation of the test loaf production operations (kneading, shaping, leavening, baking, cooling) and evaluation methods (volume, height, texture, etc.).

From the point of view of our topic, it is important that the required amount of samples for traditional baking industry tests is also large, which can be problematic from the point of view of both research and development and breeding. Of course, improvements were also made earlier for instrumentation [44] and size reduction [10,13,45, 46, 47]. However, the possibility of a complex, partly automated, traditional standard and reduced sample quantity laboratory testing was missing from the toolbox of cereal research. Based on these considerations, as well as with the courage gained from the results of previous instrument developments, the development of methods and instruments suitable for performing automated macro and micro baking tests was launched, again with the help of Lab-Intern Kft.'s employees. Following the determination of the possible extent of size reduction [46] and after rejecting several technical ideas, the instrument version with computer control and data collection was completed in 2017, which is suitable for carrying out leavening and baking under controlled conditions after kneading [48]. The measurement method developed by us includes the standardized farinograph dough preparation, kneading, and leavening, then the evaluation of the dimensions of the finished test loaves based on laser scanning, the evaluation of the pore distribution of the crumb based on digital image processing, as well as the characterization of its texture using an instrumental texture testing method [49, 50].

By supplementing our own instrument, built with the cooperation BME, with equipment from other manufacturers, we managed to create a wheat and grain testing capacity for the characterization of the rheological and final product properties of small quantities of samples that is rare even on an international scale (Figure 2). In the following, some of the research results obtained using micro instruments and methods are presented.

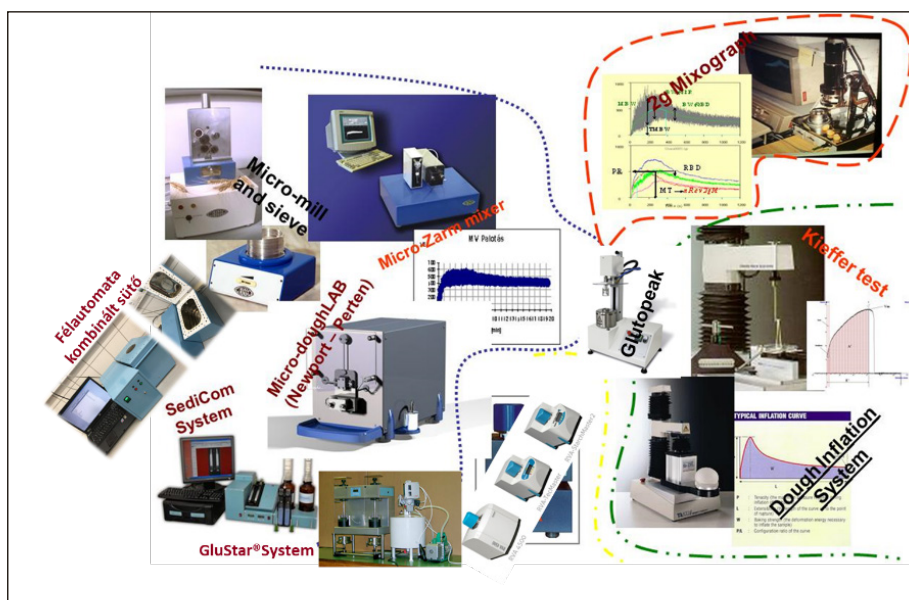


Figure 2. Overview of the currently most commonly used instruments for testing small quantities of grain samples, including equipment completed with the cooperation or coordination of BME on the left

In parallel with the development of instruments and methods with small sample requirements, naturally, their application in various research areas also began. In the beginning, in accordance with the original objectives of the instrument developments, the role of wheat gluten proteins was investigated with variety of comparison experiments, the dosing of expressed proteins, or by studying genetically modified samples. Some of these experiments were performed using a wheat matrix [16, 51, 52, 53, 54]. Later, the unique role of wheat proteins was studied by following the changes in the rheological properties of gluten-free rice dough matrix as a result of dosing or experimental genetic modifications [55, 56, 57].

In addition to grain proteins, the properties of other plant proteins were also studied with the help of micro-instruments. The goal of these researches, for example in the case of wheat germ or pseudocereal proteins, was to determine to what extent and in which direction high-protein isolates added to wheat flour in order to increase its nutritional value and modify the technological behavior of it. Behind the experimental ideas, however, there was also a basic research idea. Among other things, we tried to understand how the gluten modifying effect of the isolated less hydrophobic germ, legume and pseudocereal (e.g., amaranth) proteins with better surfactant activities and containing primarily albumins and globulins can be explained [25, 58, 59].

In many respects (e.g., biodiversity, increasing nutritional value, expanding product range, handling food safety problems, etc.), we consider the development of the technical classification of grains (e.g., spelt, triticale, rye, oats, millet) and pseudocereals (amaranth, buckwheat) currently produced in small quantities in more detail than before to be an important and exciting line of research, as well as getting to know the genetic and environmental variability of these crops and understanding the macromolecular relationships behind these properties. The use of equipment requiring small sample amounts is also of great help in this respect, while also improving cost-effectiveness in the process. Without claiming to be exhaustive, we mention here as examples the results of research aimed at the complex technological qualification of triticale varieties [60] and our experiments aimed at improving the kneading properties of dough matrices made from gluten-free, buckwheat and millet flours [61, 62] (Figure 3).

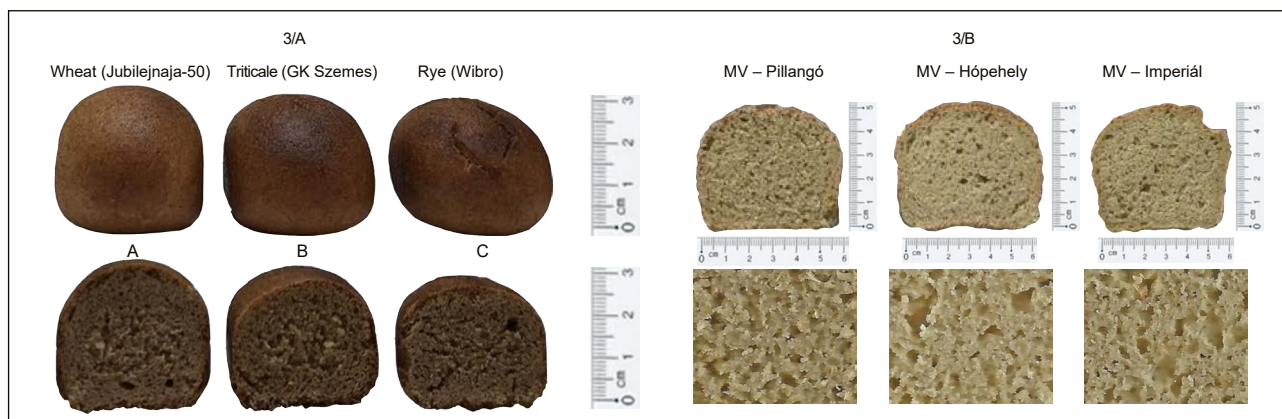


Figure 3. Example of the application of the small-scale baking test
 A: Investigation of test loaves made from whole grain triticale with varietal identity [60]
 B: Examination of the crumb properties of reduced size test loaves made from oat flours [62]

Apart from proteins, the quality of bakery and other products intended for direct consumption is also fundamentally influenced by the other two groups of macromolecules, starch and non-starch carbohydrates (dietary fibers). The issue becomes particularly acute in the case of the slow but welcome spread of health-conscious eating, where the consumption of whole-grain, fiber-rich cereals is constantly increasing. However, relatively little is known about the structure-forming properties of the fiber components. Our equipment with small sample requirements is also of great help in our research aimed at getting to know them. Some of the recent and current research topics were directed at the investigation of the role of arabinoxylanes, the defining fiber components of wheat flours, in wheat flours and gluten-free matrices [63, 64, 65, 66]. Recently, a basic research project was launched, which aims to extend the reduction and reoxidation incorporation technique previously developed by Békés et al. to fiber components [67] (Figure 4). It may also be interesting to investigate the changes in the dough-forming properties of fiber-rich flours due to heat treatment [68]. Heat treatment is a well-known process for changing the technological properties of wheat flours or, for example, to increase the shelf life of oatmeals, however, little is known about the molecular processes that take place in the case of fiber-rich samples, and their effects on technological behavior.

Naturally, it is impossible to highlight and mention every application example from the decades-long professional history in such an overview. We would like to apologize to those colleagues and cooperating partners whose joint work and results could not be included here for reasons of scope. But perhaps the above can provide some overview of the possibilities of using grain testing micro methods, the possible directions of development and the results achieved so far.

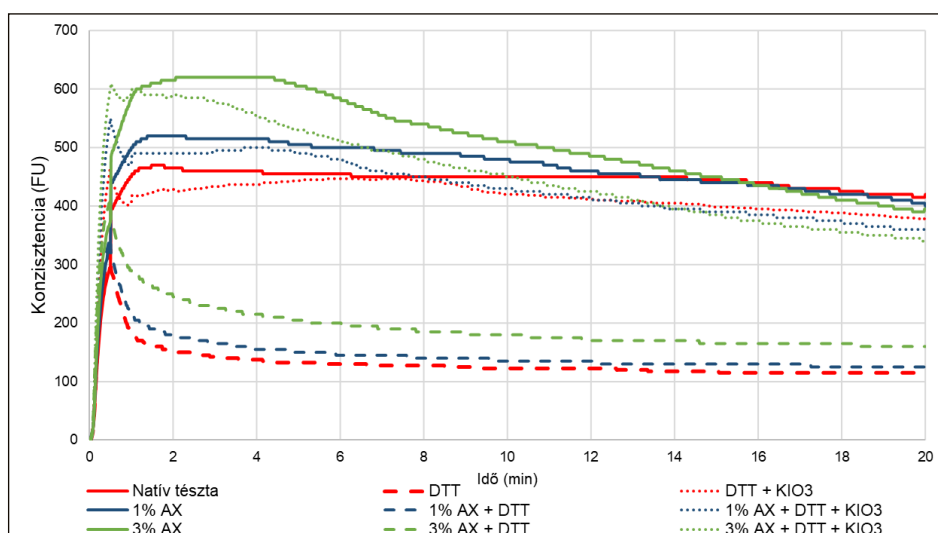



Figure 4. Example of the use of micro-doughLAB (Newport Scientific, later Perten Instruments): The effect of the addition and incorporation of arabinoxylan isolate on the development of the mixing properties of wheat dough [67] (Natív tészta: native dough matrix; DTT: reduced wheat dough; DTT+KIO₃: reduced, then reoxidized wheat dough; 1% or 3% AX: proportion of isolated arabinoxylan dosage, for native, reduced or reduced-reoxidized dough)

3. Possibilities for improving cereal quality and classification

In the past decades, together with domestic and foreign research institutes, universities, economic enterprises and social organizations, we have participated in and initiated many large-scale R&D programs, the objectives of which included the modernization and harmonization of cereal, especially wheat, classification system, as well as the exploration of the application possibilities of new qualification methods and instruments. Perhaps one of the most influential of these was the launch of the Pannonbúza programs (Pannon Wheat Programme). In the framework of these, in the 1990s and 2000s, we determined the detailed composition and technological properties of the wheat varieties that played a decisive role in domestic public cultivation and breeding programs and compared them with the quality requirements of domestic standards, on the one hand, and those appearing in international trade, intervention and on stock exchanges, on the other hand. It has been clearly proven that although the majority of domestic wheat varieties performs exceptionally well in the traditional Hungarian and partly in Central European classification systems, it is more difficult to comply with the alveographic or extensographic parameters, for example, included in export requirements. A related problem is that wheat acceptance and classification and, consequently, the breeding practice in Hungary was determined by the completely coherent, professionally sound domestic wheat standard centered on gluten quality and farinographic value. This did not include the new requirements for wheat for export. At the same time, a significant part of domestic wheat production (30-50%) is sold internationally. Further problem was the obligation to harmonize methods is a legal consequence of joining the EU. However, for example, the farinograph or valorigraph values that have been used to this day and have become ingrained in domestic practice, in a completely justifiable way from a professional point of view, were not included in the international standards, and the evaluation of the curves also differed somewhat.

As an attempt to resolve all this, first, the system of quality requirements for the Pannon Wheat Trademark was developed in two categories (Figure 5) [69,70]. Although this was not accepted by the economic reality of the time, the results and the approach were successfully transferred to the process of renewing the standard for domestic bread wheat. As a result of long discussions and negotiations, the new wheat standard that is still in force and contains one of the most detailed requirements at the international level [71]. Its most important innovation is considered to be the possibility of classification according to alternative approaches (farinographic, extensographic, alveographic), as well as the updating and harmonization of the related test standards with international regulations, on the one hand, and with the relevant chapter of the Hungarian Food Codex, on the other hand [72]. We would like to believe that, with this solution, we have succeeded in creating a system that is able to exploit the quality advantages of the Hungarian range of varieties, and at the same time encouraging the cultivation of quality wheat which better aligns with sales requirements [73, 74].



Quality criteria of Pannon Wheat	Premium category	Standard category
Wheat quality		
Purity criteria		
- Cracked seeds maximum (m/m%)	2.0	2.0
- Bug-stung seeds	0.5	1.0
Hectoliter-weight	80.0	78.0
Raw protein content in dry material min. (m/m%)	14.5	13.0
Falling number	300.0	250.0
Laboratory quality of flour		
Ingredient		
- Wet gluten minimum (m/m%)	34.0	30.0
Reological quality		
Farinograph value		
- Absorption of water to 14% minimum (m/m%)	60.0	55.0
- Stability minimum (min)	10.0	6.0
Alveograph values		
- W minimum (10 ⁻⁴ J/g)	280.0	220.0
- P/L maximum	1.0	1.5
Extenzograph value		
- Energy at 135 minutes, minimum (cm ²)	120.0	75.0

Figure 5. Quality requirements of the Pannon Wheat Trademark from 2008

The assessment of the nutritional role of wheat and other cereals has changed significantly in recent decades. In the past, the production of white flour containing mainly the kernel and the production of baking, confectionery, and pasta industry products, and other foods from them was decisive. Therefore, the majority of methods suitable for characterizing compositional and technological quality also served this (gluten) protein and starch „centered approach” (see above). A more complete understanding of the role of dietary fibers and bioactive ingredients and the spread of conscious nutrition has resulted in the rise of whole grain flours and flours richer in fibers and non-starch carbohydrates, and also of cereal-based foods. However, the definition of dietary fiber did not develop until the beginning of the 2000s [75], and the methods suitable for their determination then became standard, routine procedures. However, it is also clear that the various fiber components (cellulose, hemicelluloses, pentosans, pectins, lignin, in other groupings, soluble and insoluble fibers) have different nutritional and physiological properties, and their functions influencing technological behavior also differ, and the clarification of these issues required numerous methodological developments and the adaptation of new analytical techniques. We first used in our joint programs with companies and research institutes aimed at the development of health-promoting grain-based products, for example, the mixolab measurement technique suitable for determining the primarily protein-dependent kneading properties and the mainly starch/non-starch carbohydrate-dependent viscous properties to characterize the rheological behavior of milling industry wheat fractions of a new type, rich in aleurone layer, and to examine the function of fibers, among other things (Figure 6), [76, 77]. Also, these researches made it necessary to adapt methods mainly based on separation techniques and suitable for the quantitative and later qualitative determination and comparison (e.g., molecular size, solubility) of individual fiber components, first arabinoxylans (AX), then β -glucans and, currently, arabinogalactan (peptides), then their further development [78-80].

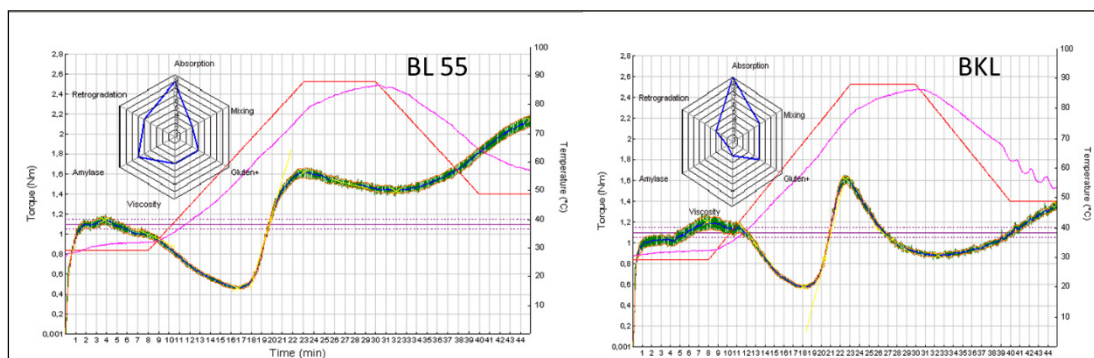


Figure 6. An example for Mixolab application: complex rheological characterization of general (BL55) and special, aleurone-rich wheat flours (BKL)

The centuries-old good reputation of Hungarian wheat cultivation and quality was founded first on conscious selection, land varieties adapted to growing conditions, and later, with the development of breeding methods, on the creation of genetically stable wheat varieties with excellent baking quality. The breeding of the “Bánkúti” wheat varieties [81], which are known to have excellent baking quality, can be considered a milestone in this process, and their quality characterization and the exploration of the molecular background behind the good quality have been partially achieved [82, 83, 84]. In recent decades, these varieties have lost their importance in public cultivation, mainly due to their agrotechnological properties. At the same time, due to their excellent technological quality, they still play an important role in breeding programs, or at least they can. However, exploring the composition and technological potential of old species, lines and ancient wheat varieties (e.g., spelt, emmer) using a modern approach and testing methods is an even less well-developed field. Based on such considerations, together with breeding houses and economic enterprises, we launched our R&D program aimed at characterizing old wheat genotypes from a new perspective and improving their use, as well as our complementary basic research. In these, too, we used and further developed our new methods for determining rheological properties and carbohydrate (fiber) content. It was found, for example, that while the kneading characteristics of the Bánkúti varieties and lines are similar with a few exceptions, there are significant differences in their viscous behavior (Figure 7a) [54]. Also, was found to be new information that the white flours of the Bánkúti lines have significantly different soluble arabinoxylan contents, and in some cases, their AX content exceeds that of the international comparative varieties (Figure 7b), [85,86].

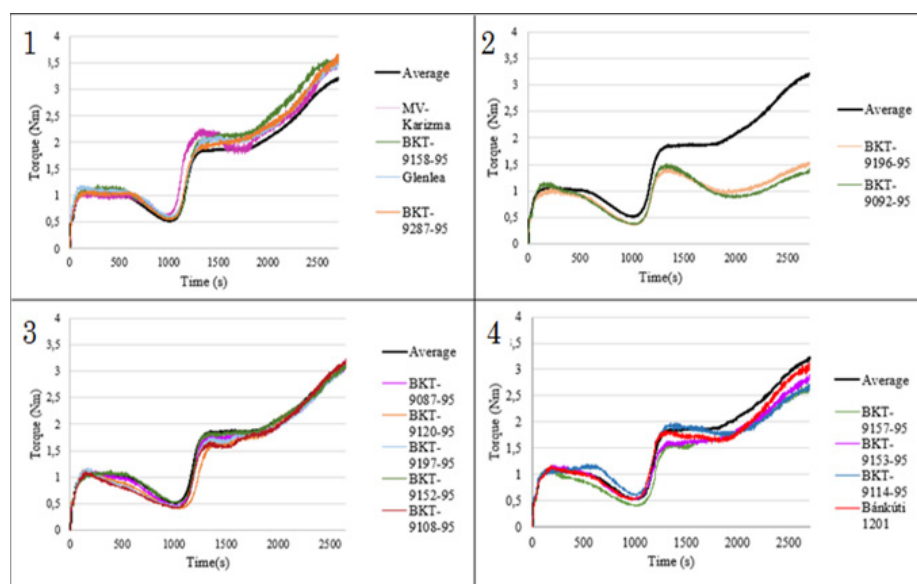


Figure 7/A. Characterization of Bánkúti varieties and lines
Determination of their complex rheological properties with Mixolab

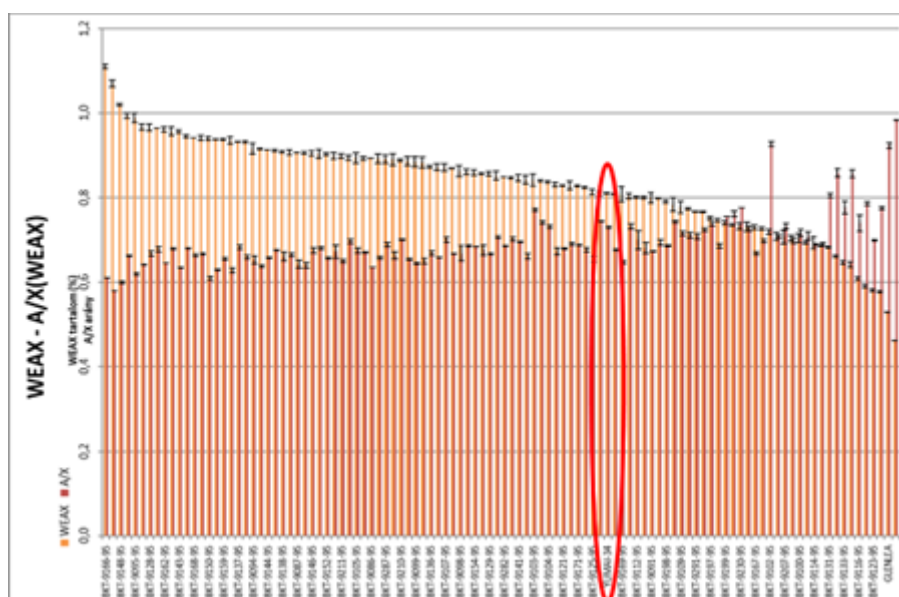


Figure 7/B. Characterization of Bánkúti varieties and lines
Variability of their soluble arabinoxylan content and arabinose/xylose ratio

4. Improving the utilization possibilities of small grains and pseudocereals – two examples

Large grains, including primarily wheat, have a system of qualification criteria based on a significant tradition and knowledge base, and a widely accepted, standardized method and tool background that serves it. However, grains (such as rye, oats, sorghum, millet, triticale) or pseudocereals (amaranth, quinoa, buckwheat), which are currently produced in significantly smaller quantities but are of growing importance due to special nutrition needs, selection expansion, or even fashion, do not have a detailed qualification procedure. Little is known about the differences between species and varieties, compositional and technological quality differences, effects of growing areas, and quality stability. In many cases, even the definition of the quality requirements corresponding to the specific purpose of use is incomplete. For this reason, together with domestic and foreign research centers and colleagues, several basic and applied research and development programs have been launched, to develop the classification methods of small grains, on the one hand, and in the direction of the product, developments promoting the broadening of their utilization, as well as to learn about the molecular background in order to be able to improve their technological behavior, on the other hand. Due to space limitations, the research and development potential and possibilities of these areas will be presented with the help of two examples. Within the framework of our recently completed project, the classification methods of domestically grown and partly domestically bred oat and rye varieties were developed further and, by applying them, the variability of the varieties' compositional and technological properties was examined. In milling industry experiments, by examining 54 fractions, we „drew up” the fraction map of milling and identified some new rye flours that had more favorable properties than traditional flours in terms of nutritional value and health-promoting composition. The rheological and baking industry final product quality of the doughs were characterized in detail, and with the help of the results, it was possible to manufacture new types of products that are favorable from both a compositional and sensory point of view (Figure 8) [87].

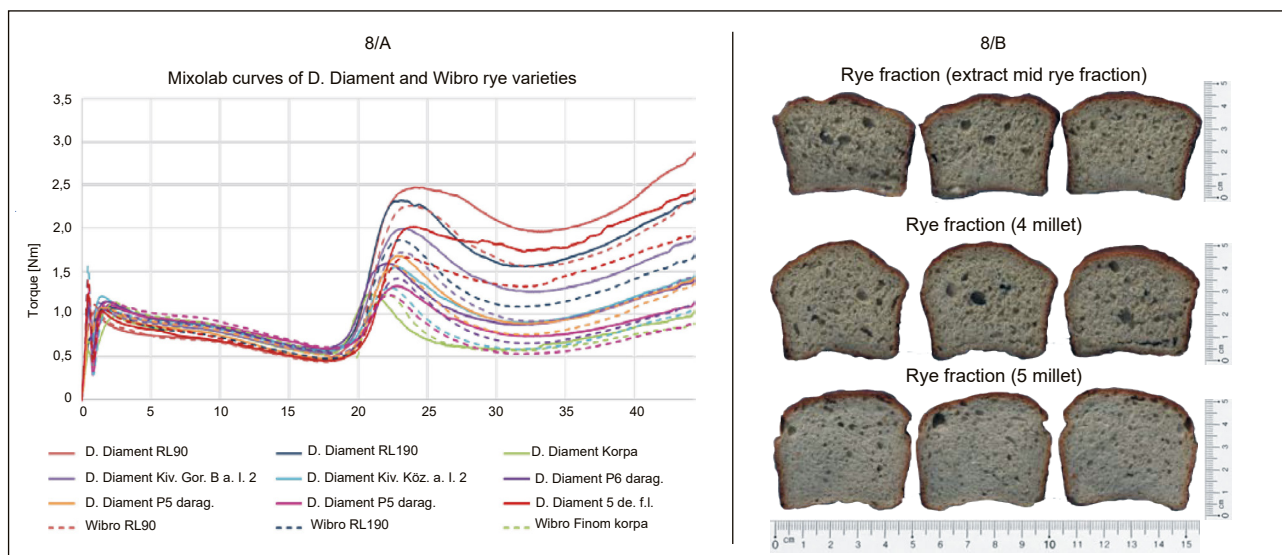


Figure 8. Rheological characterization of rye varieties and their special fractions with Mixolab (A) and results of small-scale baking tests with special fractions of the Dankowskie Diament rye variety (B)

Our other example shows the possibility of improving the nutritional and technological properties of gluten-free dough matrices. The dough-forming properties of gluten-free raw materials (e.g., millet or buckwheat) are relatively weak, in the absence of structure-building macromolecules (gluten proteins), the viscous structure of dough matrices necessary for product preparation is provided by carbohydrates and, in many cases, added hydrocolloids. The technological behavior of this “fragile” molecular system is adversely affected by the presence of fibers. Among other things, this is the reason why the nutritional value of gluten-free baking and pasta industry products is in many cases less favorable compared to the gluten-containing version. At the same time, it is known, for example, that fiber-forming arabinosylans are capable of forming a macromolecular network partially similar to the gluten structure by connecting their side chains in an oxidative environment. In our experiments, it was possible to prove that hydrogen peroxide produced in enzymatic reactions, in a suitable concentration, can induce the polymerization of arabinosylans added to gluten-free dough matrices, and thus improve the kneading properties of the dough and the complex quality of the final bakery products, while the nutritional value also increases with the addition of fibers (Figure 9) [62, 66].

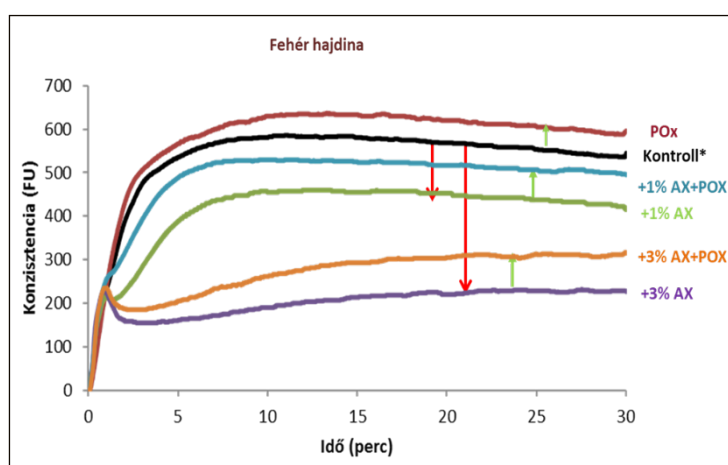


Figure 9. Changes in the mixing properties of dough made from white buckwheat flour measured with a micro-doughLab instrument as a result of arabinosylan addition and oxidation

5. Excerpts from research activities related to food safety

The complex assessment of cereal quality is further complicated by the emergence of special expectations and food safety requirements (e.g., being gluten-free, low content of fermentable oligo-, di- and monosaccharide and polyol (FODMAP) content, etc.) arising from digestive system disorders (celiac disease, allergies, irritable bowel syndrome) in some consumer groups.

The quality of life of persons with celiac disease, also known as people allergic to gluten, can be ensured by maintaining a gluten-free diet. According to current legislation, the gluten content of gluten-free products cannot exceed the value of 20 mg/kg. Maintenance of the production process, product qualification, and food safety are not possible without the use of analytical methods. ELISA tests operating on the immunoanalytical principal can be considered the most common routine method, but it is also possible to use measuring techniques operating on the basis of molecular biology (based on DNA determination), or using a mass spectrometric detector either alone (MALDI-TOF) or coupled with a separation technique (HPLC-MS). Different ELISA kits and methods operating on other principles usually provide significantly different results. The harmonization and validation of the methods are hindered by the fact that neither a reference method nor a reference material is available. Recognizing this, our research group started a research work aimed at comparing the methods, exploring the reasons for the differences between the results, investigating the effects occurring during product manufacture, and then producing native wheat flour and model products labeled with isolated protein-based reference material. The research work that began more than ten years ago has been carried out in an international cooperation, first as a sub-program of a European framework program, and then as an independently maintained joint work. The most important result is that it was possible to produce a matrix based on wheat flour for the first time, which is likely to meet the requirements of reference materials [88, 89, 90, 91]. Work is still underway with the inclusion of other gluten-containing cereals (rye, barley, oats).

From the point of view of FODMAP composition, the majority of cereals have an unfavorable perception. It is a particular problem that the FODMAP content of flours, which are favorable in terms of nutritional value and rich in fiber, is usually higher. At the same time, there is almost no information on the variability between cereal species and varieties, on the technological properties of variants with lower FODMAP content, on the joint development of changes in the FODMAP content and fiber composition of flour fractions, and on the effect of the operations used during the technological process (fermentation, heat treatment, pH change, etc.). A comprehensive research project was also recently launched by us in collaboration with others to jointly examine the non-starch carbohydrate (fiber) composition and the content and composition of short-chain carbohydrates also containing FODMAPs. Here again, it became necessary to execute a multi-stage methodological development (Figure 10), by using which it became possible to compare rye and oat varieties, flour fractions, heat-treated products and bakery end products, among other things [92, 93].

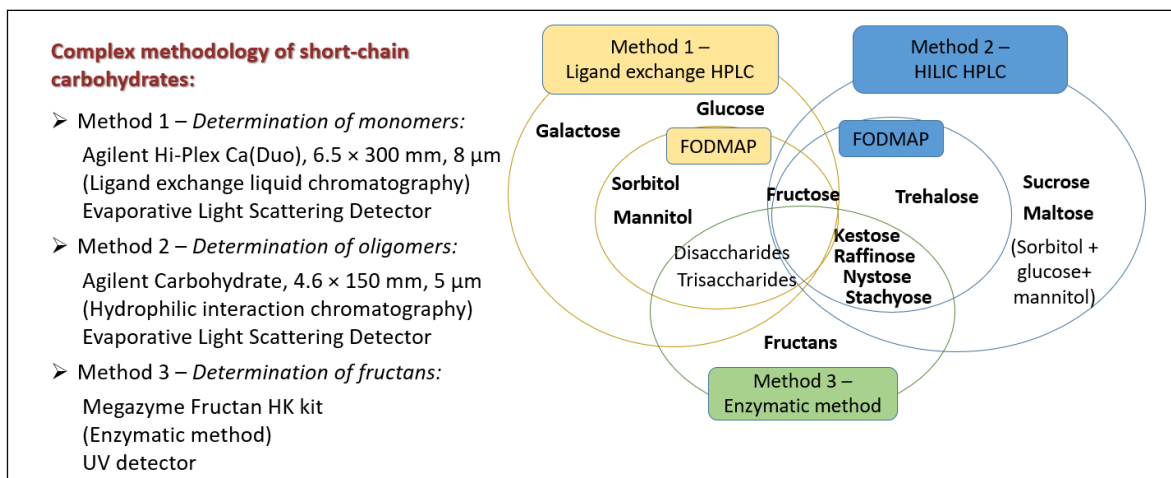


Figure 10. Development of a complex analytical methodology for the examination of the content of short-chain carbohydrates, including FODMAP, in cereals and food products

6. Conclusion

It is difficult to write a short summary at the end of such a large-scale paper, reviewing the research work of several decades and shamelessly exceeding the limits of its scope. We would like to believe that the results presented as examples add something to the development of grain testing methodology, with their use we can get a little closer to understanding the behavior of complex dough and product matrices, and we can contribute to broadening the use of cereals and pseudocereals, to the development of their value-added utilization. In addition, we would like to repeatedly emphasize the importance of cooperation at the individual and institutional level. It is impossible to implement this intensive creative process without our university, research institute, and industrial partners. We would like to thank all our partners for the opportunity of cooperation so far and, hopefully, in the future.

7. Acknowledgement

Special and particular thanks to our colleague Erika Szűcsné Makay for decades of professional and personal cooperation. We are grateful to our predecessors for their guidance and support, to the former members of the research group and the department for the opportunity and results of the fantastic joint creation, to our professional partners for the experience and fruits of joint work, and to our supporters for the resources, hopefully spent on a good cause.

8. References

- [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
- [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
- [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/jcra.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/jcra.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 . ShewryP., 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 farinográfval. (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. Lafiandra 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. Lafiandra 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., Nádoszi 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 SymposiumAt: EisenachVolume: 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. Lafandra 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: <https://doi.org/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] Oszvald M., 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*, Volume 89, Issue 5, 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., Túróczi 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., Túróczi 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] Bucsellá 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., Nádosi 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 minőségszemlélet 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., Bucsellá B., Tömösközi S. (2012): Új típusú, funkcionális komponensekben gazdag búzaőrlemény összetételi és reológiai jellemzése. *ÉLELMISZER TUDOMÁNY TECHNOLÓGIA* 66: 3 pp. 5-11.
- [79] Bucsellá 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., Juhasz 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
- [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

9. List of basic and applied projects

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_PAC-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)

BUGYI Zsuzsanna^{1*}, MUSKOVICS Gabriella¹, SCHALL Eszter¹, TÖRÖK Kitti¹, HAJAS Lívია¹, Katharina SCHERF², Majlinda XHAFAJ², Peter KOEHLER³, Regine SCHOENLECHNER⁴, Stefano D'AMICO⁵, Roland POMS⁶, TÖMÖSKÖZI Sándor¹

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

Érkezett: 2022. október – Elfogadva: 2022. december

Klasszikus témák új megvilágításban: a glutén mint speciális élelmiszerbiztonsági és analitikai kihívás

Kulcsszavak: glutén, cöliákia, immunanalitika, validálás, referencia anyag

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A glutén, vagy siker fehérjék táplálkozás-élettani szerepe és megítélése az utóbbi évtizedekben kettőssé vált. A glutén fehérjék egyrészt központi szerepet töltenek be a búza és más gabonák sütőipari minőségének kialakításában. Másrészt azonban egyre inkább előtérbe kerülnek olyan túlérzékenységi reakciók, melyeket szintén a glutén fehérjék váltanak ki az arra érzékeny populációban. A glutén által okozott rendellenességek közül 1% körüli globális előfordulásával az egyik legjelentősebb a lisztérzékenység, vagy más néven cöliákia, mely a vékonybél bolyhainak sorvadásával járó autoimmun betegség. A tünetek széles skáláját okozhatja, jelenleg egyetlen ismert kezelési módja az élethosszig tartó gluténmentes diéta. A diéta betartásának elősegítésére a jelenleg érvényes EU szabályozás 20 mg/kg-ban maximalizálja a gluténmentesként értékesíthető termékek gluténtartalmát. Ez pedig szükségessé teszi a glutén mennyiségének minél pontosabb meghatározását ebben az alacsony koncentráció-tartományban. A meghatározás rutinmódszere az immunanalitikai elven működő ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay). A különböző ELISA módszerek validálása és eredményeik összehasonlíthatósága, vagyis az általuk szolgáltatott adatok megbízhatósága azonban problémát jelent. Cikkünk fő célkitűzése az ennek háttérében álló analitikai és fehérjekémiai kérdések, valamint a módszertan feltételrendszerének javítását célzó törekvések bemutatása. Emellett kitérünk a zab gluténmentes diétában betöltött különleges szerepére is, így kísérelve meg minél szélesebb körben rálátást nyújtani a glutén által képviselt élelmiszerbiztonsági és analitikai kihívásokra.

- ¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport, Magyarország
- ² Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Biosciences, Department of Bioactive and Functional Food Chemistry, Németország
- ³ Biotask AG, Németország
- ⁴ University of Natural Resources and Life Sciences, Ausztria
- ⁵ AGES, Ausztria
- ⁶ MoniQA Association

BUGYI Zsuzsanna
MUSKOVICS Gabriella
SCHALL Eszter
TÖRÖK Kitti
HAJAS Lívია
Katharina SCHERF
Majlinda XHAFAJ
Peter KOEHLER
Regine SCHOENLECHNER
Stefano D'AMICO
Roland POMS
TÖMÖSKÖZI Sándor

bugyi.zsuzsanna@vbk.bme.hu
gabriella.muskovics@edu.bme.hu
schall.eszter@vbk.bme.hu
ktorok@gmail.com
hajas.livia@gmail.com
katharina.scherf@kit.edu
majlinda.xhaferaj@kit.edu
-
regine.schoenlechner@boku.ac.at
-
-
tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu

<https://orcid.org/0000-0003-4040-087X>
<https://orcid.org/0000-0002-3528-8396>
<https://orcid.org/0000-0003-1660-8195>
<https://orcid.org/0000-0002-7045-0053>
<https://orcid.org/0000-0002-0288-313X>
<https://orcid.org/0000-0001-8315-5400>
<https://orcid.org/0000-0001-8473-253X>
<https://orcid.org/0000-0001-7766-9181>
<https://orcid.org/0000-0002-2014-7187>
<https://orcid.org/0000-0002-6702-7158>
-
<https://orcid.org/0000-0002-3444-8423>

2. Bevezetés

A búza és más gabonák, mint pl. a rozs, az árpa és a zab régóta az emberi étrend alapélelmiszerei közé tartoznak, mivel jelentősen hozzájárulnak a napi energia-, fehérje- és rostbevitelhez, emellett kiváló forrásai számos vitaminnak és bioaktív fitokemikáliának [1]. A búzában, rozsban és árpában (valamint keresztezett változataikban, pl. tritikáléban) található, összefoglaló néven gluténnek (sikérnek) nevezett fehérjefrakció központi szerepet tölt be ezen gabonák sütőipari minőségének kialakításában [2]. Ugyanakkor ezek a fehérjék (bizonyos esetekben más típusú fehérjékkel együtt) különböző túlérzékenységi reakciókat váltanak ki az arra érzékeny egyéneknél. Ezek közül, 1%-os becsült globális prevalenciájával, a legjelentősebb a lisztérzékenység vagy cöliákia. A cöliákia krónikus autoimmun betegség, mely genetikailag fogékony emberekben alakul ki glutén fogyasztásakor. A vékonybél gyulladásának és a bélbolyhok sorvadásának eredményeként a betegség tünetek széles körében nyilvánul meg, mint pl. felszívódási zavar miatti hiányállapotok, vérszegénység, gasztrointesztinális és egyéb atipikus jelenségek (pl. neurológiai zavarok, meddőség, stb.). Jelenleg a cöliákia nem gyógyítható, egyetlen kezelési módja az élethosszig tartó gluténmentes diéta [3, 4].

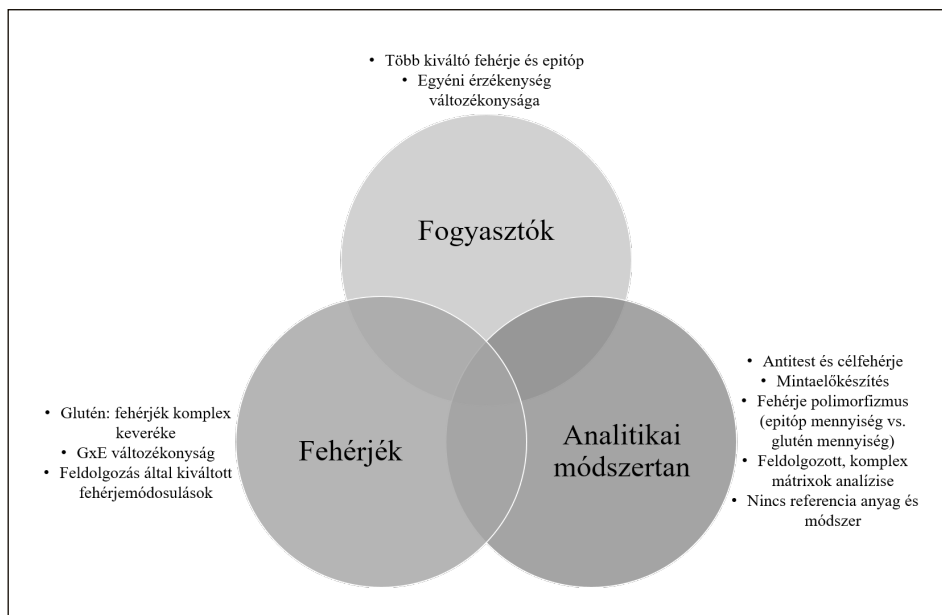
A diéta betartásának elősegítésére az élelmiszergyártók kötelesek jelölni termékeiken a glutén jelenlétét vagy annak hiányát, amennyiben a terméket kifejezetten a cöliakiás fogyasztók speciális igényeinek kielégítése érdekében hozták létre. A jelenlegi EU jogszabályok értelmében, a Codex Alimentarius ajánlásával összhangban, azok a termékek tekinthetők gluténmentesnek, melyek gluténtartalma legfeljebb 20 mg/kg [5, 6, 7]. A jogszabály szerint a glutén az alábbi definícióval írható le: „búzában, rozsban, árpában, zabban és ezek keresztezett változataiban, valamint származékaiban megtalálható fehérjefrakció, amellyel szemben bizonyos személyek intoleranciát mutatnak, és amely vízben és 0,5 M nátrium-klorid-oldatban egyaránt oldhatatlan” [6]. Ez a meghatározás azonban nem tükrözi hűen a glutén rendkívül összetett természetét. Ez a komplexitás egyrészt a glutént alkotó fehérjefrakciók magas számára, másrészt a genetikai és környezeti faktorokból eredő változékonyságra vezethető vissza. A glutén két fő alkotóelem-csoportját az alkohololdható prolaminok (búza gliadinok, rozs szekalinok, árpa hordeinek és zab aveninek), valamint az alkoholban oldhatatlan glutelinek (búzában: gluteninek) képezik. Míg a gliadinok monomer fehérjék, a glutelinek nagyméretű, aggregált biopolimerek [2, 8, 9]. Mindkét fehérjecsoportban azonosítottak különböző mértékű immunogénitással rendelkező cöliákia-toxikus epitópokat, a legmagasabb toxicitást egyes gliadin epitópok mutatják. In vitro és in silico módszerek segítségével igen nagyszámú potenciálisan toxikus epitóp azonosítható, de a betegekben kiváltott immunreakciók 90%-áért mindössze néhány, ún. immundomináns epitóp tehető felelőssé. A toxicitás becslését az epitópok nagy száma mellett tovább nehezíti, hogy azok mennyisége egy gabonafajon belül és gabonafajok között is változékonyságot mutat [10, 11, 12].

Annak ellenőrzésére, hogy a gluténmentesként értékesített termékek megfelelnek-e a jogszabályban rögzített 20 mg/kg-os glutén határértéknek, olyan analitikai módszerekre van szükség, melyek képesek pontos és megbízható mennyiségi meghatározásra ilyen alacsony koncentráció-tartományban is. A feladat megoldásához különböző módszerek érhetőek el, mint pl. a PCR (polimeráz-láncreakció) vagy tömegspektrométerrel kapcsolt folyadékromatográfiás eljárások. Rutinmódszerként azonban a specifikus antigén-antitest komplex kialakulásán és detektálásán alapuló ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) terjedt el. A módszer előnyei közé tartozik a specifikusság, a megfelelő érzékenység, az egyszerű kivitelezhetőség és a relatív alacsony költség. Bár a glutén meghatározásnak nincs referencia módszere, a Codex Alimentarius is az ELISA-t jelöli meg, mint a glutén mennyiségi meghatározásának ajánlott módszerét [5, 13].

Referencia módszer hiányában a piacon egyre több glutén ELISA kit jelent meg, és a módszer tévhódításával párhuzamosan több olyan tanulmány látott napvilágot, mely arra hívta fel a figyelmet, hogy a különböző ELISA módszerek eltérő eredményeket szolgáltathatnak ugyanazon minta analízise során. Ez fontos kérdéseket vet fel a módszerek megbízhatóságával kapcsolatban [14, 15, 16].

3. A gluténanalitika specifikus problémái

A glutén ELISA-k eredményeinek változékonysága mögött több, egymással összefüggő, a módszerfejlesztést és -validálást jelentősen befolyásoló tényező áll, melyeket az **1. ábra** szemléltet.



1. ábra. A glutén mennyiségi meghatározását befolyásoló tényezők (saját szerkesztés)

A probléma gyökere részben a cöliákia patomechanizmusára és a glutén fehérjék komplexitására vezethető vissza. Mint a bevezetőben leírtuk, a cöliákiát számos glutén fehérje alegységen elhelyezkedő sokféle epitóp kiválthatja. Ezeknek az epitópoknak a különböző gabona fajokban és fajtákban megjelenő mennyisége erősen függ genetikai és környezeti tényezőktől. Részben ez az oka a referencia módszerek és referencia anyagok hiányának, ami nagyban megnehezíti a módszerek fejlesztését és érvényesítését. Ezek együttesen vezetnek az analitikai módszerek változékonyságához, mely végül az analitikai eredményekben megfigyelt eltérésekben csúcsonyul ki. A módszertani változékonyság főbb elemei az alkalmazott antitestek és célepitópok, a mintaelőkészítési lépések, valamint a kalibráló anyagok különbségei. Mindezek mellett nem szabad megfeledkezni az összetett mátrixok és az élelmiszer-feldolgozási folyamatok fehérjeszerkezetre és -oldhatóságra gyakorolt hatásáról sem, melyek a fehérjék extrahálhatóságának és immunaffinitásának módosításán keresztül tovább növelhetik a mérések bizonytalanságát. A tapasztalt nehézségek minél hatékonyabb kiküszöbölése érdekében a gluténanalitika módszertanának harmonizálása halaszthatatlan feladat, egyik kulcseleme pedig megfelelő referencia anyagok fejlesztése [17, 18, 19, 20, 21].

4. Referencia anyag fejlesztési törekvések a glutén mennyiségi meghatározásához

A glutén referencia anyag fejlesztésének kérdése több mint 20 éve foglalkoztatja a terület kutatóit, de általánosan elfogadott, tanúsítással rendelkező referencia anyag egyelőre nem áll rendelkezésre [17, 22]. A referencia anyag fejlesztés egyik legfontosabb mérföldköve az ún. PWG (Prolamin Working Group)-gliadin kidolgozása volt. A PWG-gliadint a 28 leggyakoribb európai búzafajta keverékéből készült lisztből izolálták, az anyag nagy tisztaságú és igen jól karakterizált, a mai napig előszeretettel alkalmazzák glutén ELISA kitek kalibráló anyagaként. Tanúsított referencia anyag státuszt azonban nem tudott megszerezni, mivel kétségek merültek fel előállításának reprodukálhatóságával és hosszútávú elérhetőségével kapcsolatban [17, 23].

A referencia anyag fejlesztési munkába kutatócsoportunk 2008-ban, az EU 6. Keretprogramjában zajló MoniQA Kiválóságshálózat (FOOD-CT-2006-036337) Allergén Munkacsoportjának tagjaként kapcsolódott be. Munkánk első fázisában olyan referencia anyag jelöltet állítottunk elő, mely ismert mennyiségű glutént feldolgozott élelmiszer-mátrixban tartalmaz (2. ábra). Gluténforrásként a már említett PWG-gliadint alkalmaztuk [24, 25]. Ezt az anyagot a későbbiekben felhasználtuk számos olyan kísérlethez, melyek segítségével igyekeztünk azonosítani azokat a tényezőket, melyek hibaforrást jelentenek az ELISA mérések során és hozzájárulnak az analitikai bizonytalansághoz [14, 19, 26, 27, 28].



2. ábra. A glutén referencia anyag jelölt modelltermék

Azonban, a PWG-gliadin hátrányaival kapcsolatos felvetések kapcsán a MoniQA Kiválóság-hálózat jogutódja, a MoniQA Association (<https://www.moniqa.org>) keretein belül továbbra is nemzetközi formában működő, a kutatócsoportunk által koordinált Referencia Anyag Munkacsoportban felmerült az igény egy új referencia anyag fejlesztésére. A Munkacsoport úgy határozott, hogy teljesen előlről, az alapoktól indulva gondolja újra a glutén referencia anyag fejlesztés problémakörét. Ehhez két alapvető kérdésre kerestük a választ. Az egyik, hogy a genetikai és környezeti változékonyság figyelembevételével melyik búzafajta vagy -fajták a legígéretesebbek egy globális mintapopuláció megfelelő reprezentálására. A másik pedig, hogy a glutént liszt, glutén izolátum vagy gliadin izolátum formájában tartalmazza-e az új referencia anyag. Ezen kérdések megválaszolására a Munkacsoport több kontinens számos országából összegyűjtött 23 köztermesztésben lévő búzafajtát, melyeket komplex analitikai módszertan (beltartalmi paraméterek, többféle glutén ELISA, elválasztástechnikai módszerek) alkalmazásával részletes jellemzésnek vetett alá. Az eredmények alapján egy olyan, kvalitatív és kvantitatív elemekre épülő kritériumrendszer jött létre, melynek segítségével kiválasztottunk 5 olyan búzafajtát, melyet alkalmasnak ítéltünk referencia anyagként történő felhasználásra [29, 30]. Ezt követően az 5 fajtaból és keverékekből készített liszteket, glutén és gliadin izolátumokat vizsgáltuk meg fehérjeösszetétel szempontjából, mely során jelentős eltéréseket nem tapasztaltunk. Így a munka konklúziójaként az 5 fajta keverékekből készült lisztet választottuk, mint új glutén referencia anyag. Alkalmazása mellett szól, hogy előállítása egyszerű, félüzemi léptékben is minőségi változás nélkül megvalósítható, és a gliadinok mellett minden egyéb fehérjetípust is tartalmaz [31, 32]. Ez különösen előnyös abból a szempontból, hogy a glutén ELISA módszerekkel szemben megfogalmazott egyik kritikai észrevétel, hogy többnyire gliadin egységben adják meg eredményeiket, melyeket egy kétszeres szorzó alkalmazásával váltanak át glutén egységre. Ez az eljárás abból a feltételezésből indul ki, hogy a gluténban a prolamin/glutelin arány 1:1. Azonban egyre több bizonyíték támasztja alá, hogy ez az arány ettől jelentősen eltérhet, mely pontatlanságot okozhat az eredmények megadásakor [33]. Részben ennek köszönhetően a legújabb módszerfejlesztések is abba az irányba haladnak, hogy egyidőben több antitest alkalmazásával ne csak prolaminokat, hanem glutelineket is detektáljanak [34]. Ehhez a megközelítéshez pedig jól alkalmazható a liszt referencia anyag, mely a MoniQA Association égisze alatt elérhető analitikai hasznosításra.

A búza esetében tehát jelentősnek mondható előrelépések történtek a referencia anyag fejlesztés területén. Ugyanakkor a búza mellett a rozs és az árpa is igazoltan kiváltják a cöliákiát. Bár ezekről a gabonákról ebben a kontextusban jóval kevesebb információ áll rendelkezésre, az eddig ezen a területen született kutatások rámutatnak, hogy a glutén antitestek eltérő affinitással rendelkeznek a rozs és az árpa prolaminok felé. Ez végső soron a rozs vagy árpa kontaminációt tartalmazó minták gluténtartalmának alá- vagy túlbecsléséhez vezethet, ami felveti az igényt olyan új referencia anyagokra, melyeket kifejezetten rozsra és árpára fejlesztettek ki [35, 36].

Ezt az igényt felismerve nemzetközi kutatócsoportunk jelenleg azon dolgozik, hogy a fentebb búzára bemutatott kísérleteket és fejlesztő munkát megismételje rozs és árpa esetében is. Az eddig elvégzett munka során megtörtént egy több mint 120 árpa- és több mint 50 rozsmintából álló nemzetközi mintaszortiment begyűjtése és elsődleges analízise beltartalmi paraméterek, ELISA-val meghatározott gluténtartalom, és elválasztástechnikai módszerekkel meghatározott fehérjetartalom és -összetétel szempontjából. Az eredmények alapján ebben az esetben is szelekciós kritériumrendszert állítottunk fel.

Az ennek segítségével kiválasztott 7 rozs és 8 árpa fajta további vizsgálatai jelenleg zajlanak [publikáció folyamatban]. A munka várt kimenetele új rozs és árpa referencia anyagok létrehozása, melyek önállóan, vagy egymással és a búza referencia anyaggal kombinálva alkalmasak lehetnek a gluténanalitika feltételrendszerének javításához.

5. Egy rövid, de lényeges kitérő: zab és a gluténmentes diéta

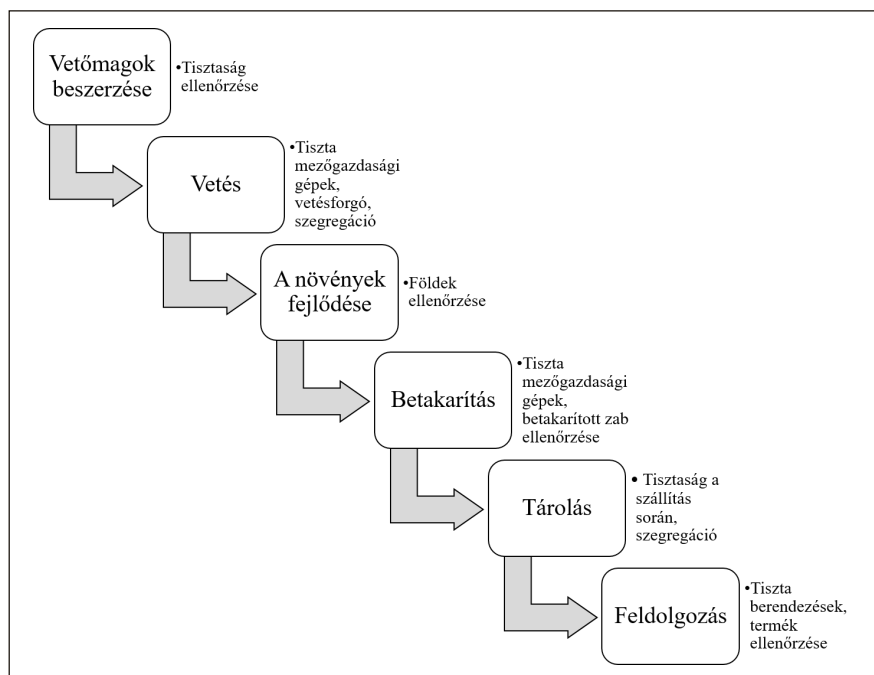
A korábbi fejezetekben sok szó esett a búzát, rozst és árpát érintő analitikai kérdésekről. Ugyanakkor a cöliákia kontextusában nem feledkezhetünk meg a zabról sem, melynek gluténmentes diétában betöltött szerepe régóta tartó szakmai vita tárgyát képezi. A gondatlanul összeállított gluténmentes diéta olyan táplálkozásélettani hátrányokkal járhat, mint a csökkent rost-, vitamin- és ásványianyag-bevitel, valamint a megnövekedett telített zsírsav bevitel és magasabb glikémiás terhelés [37]. Ezen hátrányok kiegyensúlyozásának kiváló eszköze lehetne a zab magas rost- és antioxidáns- és relatív magas telítetlen zsírsav-tartalmával [38].

A zabot alapvetően biztonságosként tartják számon a cöliakiás betegek számára, mivel a búzánál jelentősen kevesebb prolaminot tartalmaz, és a búza analóg fehérjéivel ellentétben a zab aveninek kevésbé állnak ellen az emésztőenzimeknek [39]. A zab cöliákia kiváltásában betöltött szerepére irányuló klinikai vizsgálatok túlnyomó többsége is arra a következtetésre jutott, hogy mérsékelt mennyiségben (gyerekeknek 20-25 g/nap, felnőtteknek 50-70 g/nap) a zabfogyasztás biztonságos remisszióban lévő cöliakiás betegek számára [40, 41]. Ugyanakkor néhány más klinikai tanulmány következtetése az, hogy bizonyos esetekben a zabfogyasztás kockázatot jelenthet a cöliakiás fogyasztók számára, és bár kis számban, de azonosítottak olyan zab avenin epitópokat, melyek kiválthatják a betegséget. Fontos továbbá, hogy a zab esetében is jelentős genetikai-környezeti változékonyság figyelhető meg, mely befolyásolhatja a potenciálisan toxikus epitópok jelenlétét, vagyis fontossá válik annak ellenőrzése, hogy a toxikus epitópok mely zabfajtákban vannak jelen és milyen mértékben [42, 43, 44, 45].

Ezt a kettősséget tükrözi a nemzetközi jogi szabályozás is. Míg Ausztrália és Új-Zéland kifejezetten tiltja a zab gluténmentes diétában történő alkalmazását [46], addig az EU-ban, az Egyesült Államokban és Kanadában engedélyezik a speciálisan cöliakiások számára készült ún. tiszta zab („pure oats”) bevezetését a diétába [6, 47, 48]. A tiszta zab előállításának kérdése kardinális jelentőségű, ugyanis különböző vizsgálatok rámutattak, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható zabtermékek 13-88 %-a szennyezett gluténnal különböző mértékben. A kontamináció az előállítási lánc bármely pontján bekövetkezhet [49, 50].

A tiszta zab előállítása tehát igen nagy körültekintést igényel, és két pillérre épül. Egyrészt gondoskodni kell arról, hogy a vetőmagként használt zabfajta ne tartalmazzon toxikus epitópokat, mely szükségessé teszi a zabfajták előszűrését és az erre alkalmas analitikai módszertan kidolgozását [51]. Az erre irányuló munkákban az utóbbi években kutatócsoportunk is részt vett [52, 53]. Másrészt biztosítani kell a glutén kontamináció elkerülését a teljes előállítási folyamat során. Ez komoly erőfeszítéseket igényel és olyan speciális protokollok betartását, melyek célja, hogy teljesen kiküszöböljék a gluténnal való szennyeződés lehetőségét (pl. vetőmagok tisztaságának biztosítása, termőföld parcellák közötti biztonsági sáv, kifejezetten csak erre a célra használt gépek, eszközök, elkülönített tárolás és feldolgozás, stb.) (3. ábra) [54]. A nemkívánatos glutén jelenlétének zabban történő kimutatása újabb analitikai kihívások elé állít minket. Bár az R5 antitesttel működő ELISA tesztek jó eszközök erre a célra, mivel zab fehérjékkal nem keresztreakálnak, míg búzával, rozssal és árpával igen (a fentebb bemutatott korlátok figyelembevételével), a zab esetében külön nehézséget jelent, hogy már néhány, egyéb gabonából származó maggal való szennyeződés is problémát okozhat. Hogy ennek a kockázatát minimálisra csökkentsék, kifejezetten tiszta zabok vizsgálatára tervezett speciális mintavételezési protokollokat hoztak létre [55, 56].

A zab gluténmentes diétában betöltött szerepe tehát a mai napig vitatott. Bár a zabfogyasztás táplálkozási előnyei egyértelműek, a zabok biztonságosságának tisztázása további klinikai vizsgálatokat igényel. Emellett tovább kell fejleszteni a tiszta zabok előállításának metódusait is, valamint a kapcsolódó analitikai módszereket.



3. ábra. A tiszta zab előállítási protokoll főbb lépései [57]

6. Összefoglalás

A glutén (sikér) fehérjék a gabonafogyasztás révén évezredek óta táplálkozásunk részét képezik, rendkívül fontos szerepet töltenek be számos alapélelmiszer minőségének kialakításában, így méltán szerepelnek hosszú ideje a gabonatudományi kutatások középpontjában. Az utóbbi években-évtizedekben azonban egy másik szerepük is előtérbe került azáltal, hogy olyan betegségekkel való kapcsolatuk bizonyosodott be, mint többek között a cöliákia, a nem-cöliakiás glutén-érzékenység vagy a búzaallergia. Cikkünkben a gluténmentes diétával kezelhető kórállapotok, elsősorban a cöliákia szempontjából kívántuk szemléltetni a glutén által képviselt speciális élelmiszerbiztonsági problémát és analitikai kihívásokat.

Látható, hogy bár az analitikai módszerek viszonylag széles repertoárjával rendelkezünk, nagyon fontos ismerni a módszerek nyújtotta lehetőségeket és a jelentkező korlátokat, különösen a rutinmódszerek számító ELISA esetében. Utóbbiak egy része a fehérjekémiai, immunológiai, klinikai ismeretek fejlődésével legalább részben kiküszöbölhető vagy javítható, ami indokolja a cikkben vázolt kutatási irányok folytatását. Más részük viszont a módszertan veleszületett adottságai miatt bizonyos szinten mindig jelen lesz, ami szükségessé teszi új módszertani megoldások létrehozását, melyre jó példa a proteomikai módszerek gyors fejlődése [58].

Végeredményben a glutén, mint élelmiszerbiztonsági probléma kezelése multidiszciplináris megközelítést igénylő feladat. Együttműködést igényel a klinikum, a jogalkotás, az élelmiszer-előállítás, az élelmiszer-analitika és egy sor egyéb terület részéről. Kutatócsoportunk a gluténanalitika feltételrendszerének fejlesztésén keresztül kapcsolódik ebbe a rendszerbe azzal a céllal, hogy a glutén mennyiségi meghatározás megbízhatóbbá tételével járuljon hozzá a cöliakiával élő fogyasztók biztonságához, életminőségének javításához.

7. Köszönetnyilvánítás

Bár jelen cikk elsősorban összefoglaló jellegű munka, benne említésre kerül számos olyan kutatási eredmény, mely a BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport, valamint számos hazai és külföldi partnerintézmény együttműködése nyomán keletkezett az elmúlt körülbelül 15 évben. A cikk szerzői ezúton szeretnék köszönetüket kifejezni minden olyan projektnek, intézménynek és kollégának, akik a bemutatott munkákhoz bármilyen módon hozzájárultak. Külön köszönjük továbbá azon közel 40 hallgatónk lelkiismeretes munkáját, akik szakdolgozatuk, diplomamunkájuk, TDK munkájuk vagy doktori értekezésük elkészítése során vették ki a részüket a kutatómunkából.

A cikkben bemutatott rozs és árpa referencia anyag fejlesztést célzó kutatás kapcsolódik az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból támogatott TKP2021 pályázati program, BME-EGA-02 számú projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

8. Irodalom

- [1] Shewry P.R., Hey S.J. (2015): The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security* **4** (3) pp. 178-202. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
- [2] Wieser H. (2007): Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology* **24** pp. 115-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- [3] Lionetti E., Gatti S., Pulvirenti A., Catassi C. (2015): Celiac disease from a global perspective. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. **29** pp. 365-379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2015.05.004>
- [4] Nasr I., Nasr I., Al Shekeili L., Al Wahsi H.A., Nasr M.H., Ciclitira P.J. (2016): Celiac disease, wheat allergy and non celiac gluten sensitivity. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*. **3** (4) pp. 336-340. DOI: <https://doi.org/10.15761/IFNM.1000155>
- [5] Codex Alimentarius (2008): Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten. Codex Stan 118-1979 rev. 2008.
- [6] European Commission (2014): Commission Implementing Regulation (EU) No 828/2014 on the requirements for the provision of information to consumers on the absence or reduced presence of gluten in food. *Official Journal of the European Union*. **57** pp. 5-9.
- [7] European Parliament (2011): Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council on the provision of food information to consumers. *Official Journal of the European Union*. **54** pp. L304/18-63.
- [8] Koning F. (2015): Adverse effects of wheat gluten. *Annals of Nutrition & Metabolism*. **67** (suppl. 2) pp. 8-14. DOI: <https://doi.org/10.1159/000440989>
- [9] Schalk K., Lexhaller B., Koehler P., Scherf K.A. (2017): Isolation and characterization of gluten protein types from wheat, rye, barley and oats for use as reference materials. *PLoS ONE*. **12** (2) pp. e0172819. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172819>
- [10] Tye-Din J.A., Stewart J.A., Dromey J.A., Beissbarth T., van Heel D.A., Tatham A., Henderson K., Mannering S.I., Gianfrani C., Jewell D.P., Hill A.V.S., McCluskey J., Rossjohn J., Anderson R.P. (2010): Comprehensive mapping of T cell epitopes in gluten in celiac disease. *Science Translational Medicine*. **2** pp. 41-51. DOI: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3001012>
- [11] Juhász A., Gell Gy., Békés F., Balázs E. (2012): The epitopes in wheat proteins for defining toxic units relevant to human health. *Functional & Integrative Genomics*. **12** pp. 585-598. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10142-012-0302-3>
- [12] Sollid L.M., Qiao S-W., Anderson R.P., Gianfrani C., Koning F. (2012): Nomenclature and listing of celiac disease relevant to gluten T cell epitopes restricted by HLA-DQ molecules. *Immunogenetics*. **64** pp. 455-460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00251-012-0599-z>
- [13] Scherf, K.A., Poms, R.E. (2016): Recent developments in analytical methods for tracing gluten. *Journal of Cereal Science*. **67** pp: 112-122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.08.006>
- [14] Bugyi, Zs., Török, K., Hajas, L., Adonyi, Zs., Popping, B., Tömösközi, S. (2013): Comparative study of commercially available gluten ELISA kits using an incurred reference material. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. **5** (1) pp. 79-87. DOI: <https://doi.org/10.3920/QAS2012.0174>
- [15] Alvarez, P.A., Boye, J. (2013): Comparison of gluten recovery in gluten-incurred buckwheat flour using different commercial test kits. *Food and Agricultural Immunology*. **25** (2) pp. 200-208. DOI: <https://doi.org/10.1080/09540105.2012.762901>
- [16] Bruins Slot, I.D., Bremer, M.G.E.G., van der Fels-Klerx, I., Hamer, R.J. (2015): Evaluating the performance of gluten ELISA test kits: The numbers do not tell the tale. *Cereal Chemistry*. **92** (5) pp. 513-521. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-14-0166-R>
- [17] Diaz-Amigo, C., Popping, B. (2013): Accuracy of ELISA Detection Methods for Gluten and Reference Materials: A Realistic Assessment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **61** (24) pp. 5681-5688. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf3046736>
- [18] Pahlavan, A., Sharma, G.M., Pereira, M., Williams, K.M. (2016): Effects of grain species and cultivar, thermal processing, and enzymatic hydrolysis on gluten quantitation. *Food Chemistry*, **208**, 264-271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.092>
- [19] Török K., Hajas L., Horváth V., Schall E., Bugyi Zs., Kemény S., Tömösközi S. (2015): Identification of the factors affecting the analytical results of food allergen ELISA methods. *European Food Research & Technology*. **241** (1) pp. 127-136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2441-y>

- [20] Lacorn, M., Lindeke, S., Siebeneicher, S., Weiss, T. (2018): Commercial ELISA measurement of allergens and gluten: What we can learn from case studies. *Journal of AOAC International*. 101 (1) pp. 102-107. DOI: <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0399>
- [21] Rzychon, M., Brohée, M., Cordeiro, F., Haraszi, R., Ulberth, F., O'Connor, G. (2017): The feasibility of harmonizing gluten ELISA measurements. *Food Chemistry*. 234 pp. 144-154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.092>
- [22] Chambers, S.J., Brett, G.M., Mills, E.N.C., Morgan, M.R.A. (2001): Multiantigenic peptides as standards in immunoassays for complex proteins: use of LGQQQPFPPQQPY in an enzyme-linked immunosorbent assay for gluten. *Analytical Biochemistry*. 292 pp. 301-305. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.2001.5037>
- [23] van Eckert, R., Berghofer, E., Ciclitira, P.J.,..., & Wieser, H. (2006): Towards a new gliadin reference material— isolation and characterisation. *Journal of Cereal Science*. 43 (3) pp. 331-341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.12.009>
- [24] Bugyi Zs., Török K., Hajas L., Adonyi Zs., Diaz-Amigo C., Popping B., Poms R., Kerbach S., Tömösközi S. (2012): Development of incurred reference material for improving conditions of gluten quantification. *Journal of AOAC International*. 95 (2) pp. 382-387. DOI: https://doi.org/10.5740/jaoacint.sge_bugyi
- [25] 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. *Analytica Chimica Acta*. 672 pp. 25-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.03.058> (IF: 4.311)
- [26] 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>
- [27] Török K., Horváth V., Horváth Á., Hajas L., Bugyi Zs., Tömösközi S. (2014): Investigation of incurred single- and multi-component model food matrices for the determination of food proteins triggering allergy and coeliac disease. *European Food Research & Technology*. 239 (6) pp. 923-932. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2289-6>
- [28] Török K., Hajas L., Horváth V., Schall E., Bugyi Zs., Tömösközi S. (2016): Identification of key effects causing weak performance of allergen analysis in processed food matrices. *Acta Alimentaria*. 45 (1) pp. 45-53. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2016.45.1.6>
- [29] 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>
- [30] Hajas L., Scherf K., Bugyi Zs., Török K., Schall E., Köhler P., Tömösközi S. ELISA response and gliadin composition of different wheat cultivars grown in multiple harvest years. *Acta Alimentaria*. 2017. 46 (2): 187-195. doi: <https://doi.org/10.1556/066.2016.0019>
- [31] 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 pp. 906. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00906>
- [32] Schall E., Scherf K. A., Bugyi Zs., Hajas L., Török K., Koehler P., Poms R. E., D'Amico S., Schoenlechner R., Tömösközi S. (2020): Characterisation and comparison of selected wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their blends to develop a gluten reference material. *Food Chemistry*. 313 pp. 126049 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126049>
- [33] Wieser, H., Kohler, P. (2009): Is the calculation of the gluten content by multiplying the prolamin content by a factor of 2 valid? *European Food Research and Technology*. 229 pp. 9-13. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1020-5>
- [34] Lacorn, M., Weiss, T., Wehling, P., Arlinghaus, M., Scherf, K. (2019): Quantification of Wheat, Rye, and Barley Gluten in Oat and Oat Products by ELISA RIDASCREEN® Total Gluten: Collaborative Study, First Action 2018.15. *Journal of AOAC International*. 102 (5) pp. 1535-1543. <https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1535>
- [35] Lexhaller, B., Tompos, C., & Scherf, K.A. (2016): Comparative analysis of prolamin and glutelin fractions from wheat, rye, and barley with five sandwich ELISA test kits. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 408 pp. 6093-6104. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9721-7>

- [36] Tanner, G.J., Blundell, M.J., Colgrave, M.L., & Howitt, C.A. (2013): Quantification of Hordeins by ELISA: The Correct Standard Makes a Magnitude of Difference. *Plos One*. 8 (2) pp. e56456. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056456>
- [37] Vici, G., Belli, L., Biondi, M., Polzonetti, V. (2016): Gluten Free Diet and Nutrition Deficiencies: A Review. *Clinical Nutrition*. 35 (6) pp. 1236-1241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.05.002>
- [38] Smulders, M.J.M., van de Wiel, C.C.M., van den Broeck, H.C., van der Meer, I.M., Israel-Hoevelaken, T.P.M., Timmer, R.D., ... Gillisen, L.J.W.J. (2018): Oats in healthy gluten-free and regular diets: A perspective. *Food Research International*. 110 pp. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.031>
- [39] Hoffmanová, I., Sánchez, D., Szczepanková, A., & Tlaskalová-Hogenová, H. (2019): The pros and cons of using oat in a gluten-free diet for celiac patients. *Nutrients*. 11 (10) pp. 2345. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11102345>
- [40] Pinto-Sánchez, M.I., Causada-Calo, N., Bercik, P., Ford, A.C., Murray, J.A., Armstrong, D., ... Green, P. (2017): Safety of adding oats to a gluten-free diet for patients with celiac disease: Systematic review and meta-analysis of clinical and observational studies. *Gastroenterology*. 153 pp. 395-409. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.04.009>
- [41] Cohen, I.S., Day, A.S., Shaoul, R. (2019): To be oats or not to be? An update on the ongoing debate on oats for patients with celiac disease. *Frontiers in Pediatrics*. 7 pp. 384. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00384>
- [42] Silano, M., Di Benedetto, R., Maialetti, F., De Vincenzi, A., Calcaterra, R., Cornell, H.J., & De Vincenzi, M. (2007): Avenins from different cultivars of oats elicit response by coeliac peripheral lymphocytes. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*. 42 pp. 1302-1305. DOI: <https://doi.org/10.1080/00365520701420750>
- [43] Comino, I., Bernardo, D., Bancel E., Moreno, M.L., Sánchez, B., Barro, F., ... Sousa, C. (2016): Identification and molecular characterization of oat peptides implicated on coeliac immune response. *Food & Nutrition Research*. 60 pp. 30324. DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.30324>
- [44] Hardy, M.Y., Tye-Din, J.A., Stewart, J.A., Schmitz, F., Dudek, N.L., Hanchapola, I., ... Anderson, K.P. (2015): Ingestion of oats and barley in patients with celiac disease mobilizes cross-reactive T-cells activated by avenin peptides and immuno-dominant hordein peptides. *Journal of Autoimmunity*. 56 pp. 56-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.10.003>
- [45] Lundin, K.E.A., Nilsen, E.M., Scott, H.G., Løberg, E.M., Gjøen, A., Bratlie, J., ... Kett, K. (2003): Oats induced villous atrophy in coeliac disease. *Gut*. 52 pp. 1649-1652. DOI: <https://doi.org/10.1136/gut.52.11.1649>
- [46] Australia New Zealand Food Standards Code. Standard 1.2.8. F2021C00668.
- [47] The Federal Register. Food Labeling; Gluten-Free Labeling of Foods. 2013 Fall. 21 CFR 101.91
- [48] La Vieille, S., Pulido, O.M., Abbott, M., Koerner, T.B., Godefroy, S. (2016): Celiac disease and gluten-free oats: A Canadian position based on a literature review. *Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2016 pp. 1870305. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/1870305>
- [49] Koerner, T.B., Cléroux, C., Poirier, C., Cantin, I., Alimkulov, A., Elemparo, H. (2011): Contamination in the Canadian commercial oat supply. *Food Additives and Contaminants*. 28 (6) pp. 705-710. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.579626>
- [50] Størsrud, S., Malmehden Yman, I., Lerner, R.A. (2003): Gluten contamination in oat products and products naturally free from gluten. *European Food Research & Technology*. 217 pp. 481-485. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1711970>
- [51] Giménez, M.J., Real, A., García-Molina, M.D., Sousa, C., Barro, F. (2017): Characterization of celiac disease related oat proteins: bases for the development of high quality oat varieties suitable for celiac patients. *Nature Scientific Reports*. 7 pp. 42588. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep42588>
- [52] Gell Gy., Bugyi Zs., Florides C. G., Birinyi Zs., Réder D., Szegő Zs., Mucsi E., Schall E., Ács K., Langó B., Purgel Sz., Simon K., Varga B., Vida Gy., Veisz O., Tömösközi S., Békés F. (2021): Investigation of protein and epitope characteristics of oats and its implications for celiac disease. *Frontiers in Nutrition*. 8 pp. 702352. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.702352>
- [53] Mucsi E., Szegő Zs. (2019): Fajtszelekciós módszertan kidolgozása gluténmentes diétába illeszthető zabfajták azonosításához. TDK dolgozat, BME-VBK

- [54] Allred, L.K., Kupper, C., Iverson, G., Perry, T.B., Smith, S., Stephen, R. (2017): Definition of the “Purity Protocol” for producing gluten-free oats. *Cereal Chemistry*. 94 (3) pp. 377-379. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-17-0017-VO>
- [55] Fritz, R.D., Chen, Y. (2017): Kernel-based gluten contamination of gluten-free oatmeal complicates gluten assessment as it causes binary-like test outcomes. *International Journal of Food Science and Technology*. 52 pp. 359-365. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13288>
- [56] Chen, Y., Fritz, R.D., Kock, L., Garg, D., Davis, R.M., Kasturi, P. (2018): A stepwise, ‘test-all-positives’ methodology to assess gluten-kernel contamination at the serving-size level in gluten-free (GF) oat production. *Food Chemistry*. 240 pp. 391-395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.153>
- [57] Váradi V. (2020): Tiszta zab és a gluténmentes diéta: nemzetközi jó gyakorlatok és hazai ajánlások. Szakdolgozat, BME-VBK
- [58] Alves, T.O., D’Almeida, C.T.S., Scherf, K.A., Ferreira, M.S.L. (2019): Modern approaches in the identification and quantification of immunogenic peptides in cereals by LC-MS / MS. *Frontiers in Plant Science*. 10 pp. 1470. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01470>

Zsuzsanna BUGYI^{1*}, Gabriella MUSKOVICS¹, Eszter SCHALL¹, Kitti TÖRÖK¹,
Lívía HAJAS¹, Katharina SCHERF², Majlinda XHAFAJ², Peter KOEHLER³,
Regine SCHOENLECHNER⁴, Stefano D'AMICO⁵, Roland POMS⁶, Sándor TÖMÖSKÖZI¹

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

Received: October 2022 – Accepted: December 2022

Classics in a new perspective: gluten as a special food safety and analytical challenge

Keywords: gluten, celiac disease, immunoanalytics, validation, reference material

1. SUMMARY

In the last couple of decades, the nutritional role and perception of gluten became controversial. In one hand, gluten proteins play a central role in determining the baking quality of wheat and other cereals. On the other hand, hypersensitivity reactions triggered by gluten in susceptible individuals have become subjects of growing interest. Of these gluten-related disorders, with an estimated global prevalence of 1%, the most important one is celiac disease (CD), which is an autoimmune disorder accompanied by villous atrophy. CD can manifest in a wide range of symptoms, its only treatment option is a lifelong gluten-free (GF) diet. To support compliance to this diet, current EU legislation maximizes the gluten-content of products sold with a GF label in 20 mg/kg. It necessitates accurate quantification of gluten in this low concentration range. The method-of-choice for this purpose is the immunoanalytical-based ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay). However, validation of different ELISA methods and the comparability of their results and, consequently, the reliability of the data they provide is problematic. The major goal of this paper is to introduce the analytical and protein chemistry issues behind this problem and the efforts to improve the conditions of the methodology. We are also including the special role of oats in the GF diet in an attempt to provide the widest possible overview of the food safety and analytical challenges represented by gluten.

¹ Budapest University of Technology and Economics, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Research Group of Cereal Science and Food Quality, Hungary

² Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Biosciences, Department of Bioactive and Functional Food Chemistry, Germany

³ Biotask AG, Germany

⁴ University of Natural Resources and Life Sciences, Austria

⁵ AGES, Austria

⁶ MoniQA Association

Zsuzsanna BUGYI
Gabriella MUSKOVICS
Eszter SCHALL
Kitti TÖRÖK
Lívía HAJAS
Katharina SCHERF
Majlinda XHAFAJ
Peter KOEHLER
Regine SCHOENLECHNER
Stefano D'AMICO
Roland POMS
Sándor TÖMÖSKÖZI

bugyi.zsuzsanna@vbk.bme.hu
gabriella.muskovics@edu.bme.hu
schall.eszter@vbk.bme.hu
ktorok@gmail.com
hajas.livia@gmail.com
katharina.scherf@kit.edu
majlinda.xhaferaj@kit.edu
-
regine.schoenlechner@boku.ac.at
-
-
tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu

<https://orcid.org/0000-0003-4040-087X>
<https://orcid.org/0000-0002-3528-8396>
<https://orcid.org/0000-0003-1660-8195>
<https://orcid.org/0000-0002-7045-0053>
<https://orcid.org/0000-0002-0288-313X>
<https://orcid.org/0000-0001-8315-5400>
<https://orcid.org/0000-0001-8473-253X>
<https://orcid.org/0000-0001-7766-9181>
<https://orcid.org/0000-0002-2014-7187>
<https://orcid.org/0000-0002-6702-7158>
-
<https://orcid.org/0000-0002-3444-8423>

2. Introduction

Wheat and other cereals, such as rye, barley and oats, have long been staple foods in the human diet due to their significant contribution to our daily energy, protein and fiber intake and their high contents of certain vitamins and bioactive phytochemicals [1]. Gluten is a collective term referring to a protein fraction of wheat, rye, barley (and their crossbred varieties, such as triticale) that plays a very important role in the baking quality of these cereals [2]. However, these very same proteins (in certain cases alongside other protein types) are able to trigger different hypersensitivity reactions in susceptible people. Of these, the most important one is celiac disease (CD), with a global prevalence of 1%. CD is a chronic autoimmune disorder that appears in genetically predisposed individuals upon dietary gluten exposure. Due to the inflammation of the small intestine and the atrophy of the intestinal villi, CD can manifest in a range of symptoms, like malabsorption-induced nutritional deficiencies, anemia, gastrointestinal and other atypical phenomena (e.g. neurological disorders, infertility, etc.). Currently CD is incurable; its only treatment is a lifelong gluten-free (GF) diet [3, 4].

To support CD patients in complying with their diet, it is mandatory for food producers to indicate the presence of gluten in their products, or the absence thereof if the product was specifically manufactured to meet the special needs of the celiac customer. According to current EU regulations, in line with the recommendation of Codex Alimentarius, products with a gluten content below 20 mg/kg can be labelled GF [5, 6, 7]. The law defines gluten as “a protein fraction from wheat, rye, barley, oats or their crossbred varieties and derivatives thereof, to which some persons are intolerant and which is insoluble in water and 0,5 M sodium chloride solution” [6]. Nevertheless, this definition does not do justice to the utter complexity of gluten. This complexity originates from the high number of protein subunits that gluten consists of and the genetic and environmental variability. The two major components of gluten are the alcohol-soluble prolamins (what gliadins, rye secalins, barley hordeins and oat avenins) and the alcohol-insoluble glutelins (in wheat: glutenins). While gliadins are monomeric proteins, glutelins are large, aggregated biopolymers [2, 8, 9]. Celiac-toxic epitopes with various immunogenicity have been identified in both protein groups, with certain gliadin epitopes showing the highest levels of toxicity. In vitro and in silico methods indicate a high number of potentially toxic epitopes, but in patients, more than 90% of immune reactions are caused by a few so-called immunodominant epitopes. Besides the sheer number of epitopes, the estimation of toxicity is further hindered by the fact that the number of these epitopes may vary within and across cereal species [10, 11, 12].

Monitoring the compliance of food products sold as GF with the 20 mg/kg threshold requires such analytical methods that are able to quantify gluten accurately and reliably in this low concentration range. There are several suitable methodologies including PCR (polymerase chain reaction) or liquid chromatography coupled to mass spectrometry. However, the method-of-choice in routine analysis is the ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) which is based on the formation and detection of a specific antigen-antibody complex. The advantages of the method are its specificity, sensitivity, ease of use and relatively low cost. While gluten quantification has no reference methods, Codex Alimentarius recommends ELISA as the method to be used for this purpose [5, 13].

Because of the lack of reference methods, more and more ELISA assays appeared and the advent of the methodology brought along a number of studies drawing attention to the fact that different ELISA methods may provide different results when analyzing the same sample, which became an important reliability issue [14, 15, 16].

3. Specific problems of gluten analysis

The variability of gluten ELISA results is caused by several intertwined factors that affect method development and validation, as depicted in **Figure 1**.

The core of the problem is in part the pathomechanism of CD and the complexity of gluten proteins. As described in the Introduction, celiac disease can be triggered by a high number of epitopes located on a number of protein subunits. The amount of these epitopes expressed in different cereal species and cultivars strongly depends on genetic and environmental factors. This is one of the reasons of the lack of reference methods and reference materials, which makes method development and validation very difficult. These issues together lead to the variability of methods, which finally peaks in the observed variation of the analytical results. Major elements of this methodological variability are the applied antibodies, the sample preparation steps and the calibrating materials. Beside these, we must also keep in mind the effects of complex matrices and food processing procedures on protein structure and solubility, which may further increase measurement uncertainty through modifying the extractability and immunoaffinity of proteins. Overcoming these obstacles requires an urgent harmonization of gluten analytical methods of which a key element is the development of suitable reference materials (RMs) [17, 18, 19, 20, 21].

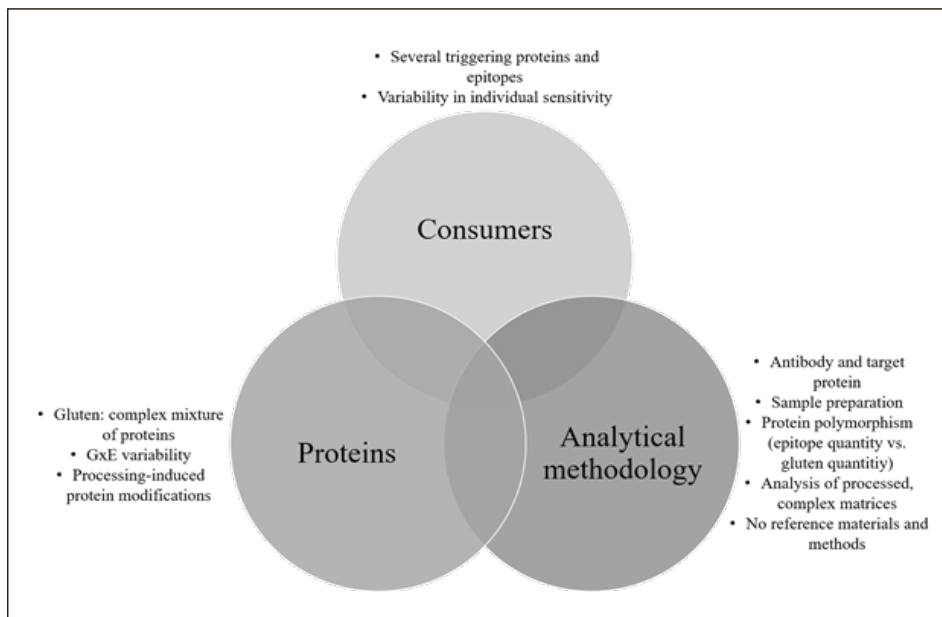


Figure 1. Factors affecting gluten quantification (edited by the authors)

4. Reference material development efforts for the quantification of gluten

The problem of gluten reference materials has been in the focus of the researchers of the field for more than 20 years, but a universally accepted, certified reference material is still out of reach [17, 22]. An important milestone of the reference material development was the creation of the so-called PWG (Prolamin Working Group)-gliadin. PWG gliadin was isolated from a mixture of the 28 most common European wheat varieties. It is a high-purity, very well characterized material, and is commonly used as an ELISA calibrating material to this day. However, it could not obtain the status of a certified RM due to uncertainties about the reproducibility of its production and its long-term availability [17, 23].

Our research group joined the RM development efforts in 2008 as a member of the Allergen Working Group of the EU FP6 MoniQA Network of Excellence (FOOD-CT-2006-036337). In the first phase of our work, we developed such RM candidates that contained a known amount of gluten in a processed food matrix (Figure 2). As a gluten source, we used the above-mentioned PWG gliadin [24, 25]. This RM candidate was subsequently used in a number of experiments that aimed to identify the factors that act as sources of error in ELISA and thus contribute to analytical uncertainty [14, 19, 26, 27, 28].



Figure 2. Gluten reference material candidate model product

As the questions of the disadvantages of PWG gliadin emerged, the Reference Material Working Group, coordinated by our research group under the auspices of the legal successor of the MoniQA project, the MoniQA Association (<https://www.moniqa.org>), contemplated that the development of a brand new reference material is necessary. The Working Group decided to start the work from scratch and to rethink this problem from the basics. For this, two questions had to be answered. The first one was which wheat variety or varieties are the most promising to represent a global sample population considering genetic and environmental variability. The other one was the question of the format of gluten in the new RM: should it be a flour, a gluten isolate of a gliadin isolate. To answer these questions the Working Group collected 23 commercial wheat varieties from a number of countries and continents. The samples were thoroughly characterized with a complex analytical methodology (including chemical composition, two gluten ELISAs and separation techniques). Based on the results a set of selection criteria including both qualitative and quantitative elements was created that we used to choose five such wheat cultivars that we deemed suitable to be used in a reference material [29, 30]. Then, flours, gluten and gliadin isolates made from the five varieties and their mixture were further analyzed in terms of protein composition with no significant differences found. As a conclusion of this work, we chose the flour of the mixture of the five varieties as a new RM. Its application is supported by its easy preparation that is also feasible in pilot plant conditions without changes in quality and that it contains not only gliadins but every other protein types as well [31, 32]. This is particularly advantageous because a common criticism towards gluten ELISAs is that they usually provide their results in gliadin units that are recalculated to gluten using a multiplying factor of two. This approach comes from the theory that the prolamin to glutelin ratio in gluten is 1:1. However, a growing body of evidence suggests that this ratio can be very different, which may also cause inaccuracy when calculating the results [33]. This explains that the latest method developments are moving to the direction of using several antibodies simultaneously to be able to detect not only prolamins but glutelins as well [34]. The flour reference material that is now available for analytical applications through the MoniQA Association fits this approach well.

Therefore, in case of wheat, a considerable progress occurred in the RM development. However, not only wheat but rye and barley also triggers celiac disease. While there is a lot less information about these cereals in this context, the available studies indicate that gluten antibodies show different affinity towards rye and barley prolamins. This may lead to under- or overestimation of the gluten content of samples with rye or barley contamination that makes it necessary to create new reference materials developed specifically for rye and barley [35, 36].

By recognizing this demand, our international research group is now working on the repetition of the experiments described for wheat, this time for rye and barley. So far, we have collected more than 120 barley and more than 50 rye samples and analyzed their chemical composition, gluten content as per ELISA and protein content and composition determined by separation techniques. We used the results for setting up new selection criteria. The selected seven rye and eight barley cultivars are currently being analyzed [publication underway]. The expected outcome of this work is the development of new rye and barley RMs that independently or in combination with each other and the wheat material could help to improve the conditions of gluten analysis.

5. A short but important detour: oats and the gluten-free diet

The previous sections covered the analytical aspects related to wheat, rye and barley. In the celiac context we must also involve oats and its controversial role in the gluten-free diet. An improper GF diet may be accompanied by nutritional problems such as the reduced intake of fibers, vitamins and minerals, an increase in saturated fatty acids and a higher glycemic load [37]. These disadvantages could be counterbalanced by the ingestion of oats due to their high fiber and antioxidant, and relatively high unsaturated fatty acid content [38].

Oats are generally considered safe for celiac patients because they contain significantly less prolamins than wheat, and contrary to the analogous proteins of wheat, oat avenins are less resistant to digestive enzymes [39]. The vast majority of clinical studies dealing with the capacity of oats to trigger CD also conclude that oat consumption in moderate amounts (20-25 g/day for children, 50-70 g/day for adults) is safe for celiac patients in remission [40, 41]. However, some other studies found that in certain cases, oats can pose a risk for celiac consumers and, while only a low amount, but some oat avenin epitopes were found to be able to induce CD. It is also important to note, that genetic and environmental variability is also present for oats, which can affect the presence of potentially toxic epitopes. Thus, it becomes necessary to screen the presence of toxic epitopes in oat varieties [42, 43, 44, 45].

This controversy also appears in international law. While Australia and New Zealand explicitly rejects the inclusion of oats in the GF diet [46], in the EU, the US and Canada it is permitted to introduce the so-called “pure oats” specifically produced for CD patients in the diet [6, 47, 48]. The issue of pure oats production is of paramount importance as different studies found that 13-88% of commercial oat products are contaminated with gluten to various extents. Contamination may occur at any step of the production chain [49, 50].

Pure oat production must be handled with exceptional care and is built on two pillars. In one hand, it must be ensured that seeds do not contain toxic epitopes, which requires pre-screening of oat varieties and the development of a suitable analytical methodology [51]. In the past couple of years, our research group got involved in these tasks [52, 53]. On the other hand, gluten contamination must be avoided in the entire production process. This requires serious efforts and compliance to special protocols that aim for the complete elimination of the risk of gluten contamination (e.g. confirming seed purity, safety lanes between land plots, the application of dedicated machinery and tools, segregated storage and processing, etc.) (Figure 3) [54]. The detection of the presence of unwanted gluten in oats is yet another analytical challenge. While ELISAs using the R5 antibody are suitable tools for this purpose, because they do not cross-react with oats but they do recognize wheat, rye and barley (with the limitations described earlier), in case of oats a specific difficulty is that only a few contaminating grains can pose a health risk. To mitigate this risk, sampling protocols developed specifically for oats have been established [55, 56].

In conclusion, the role of oats in the gluten-free diet keeps being a matter of debate to this day. While the nutritional benefits of oat consumption are beyond doubt, the safety of oats must be further assessed in clinical trials. Another important task is the improvement of pure oats production protocols and the related analytical methodologies.

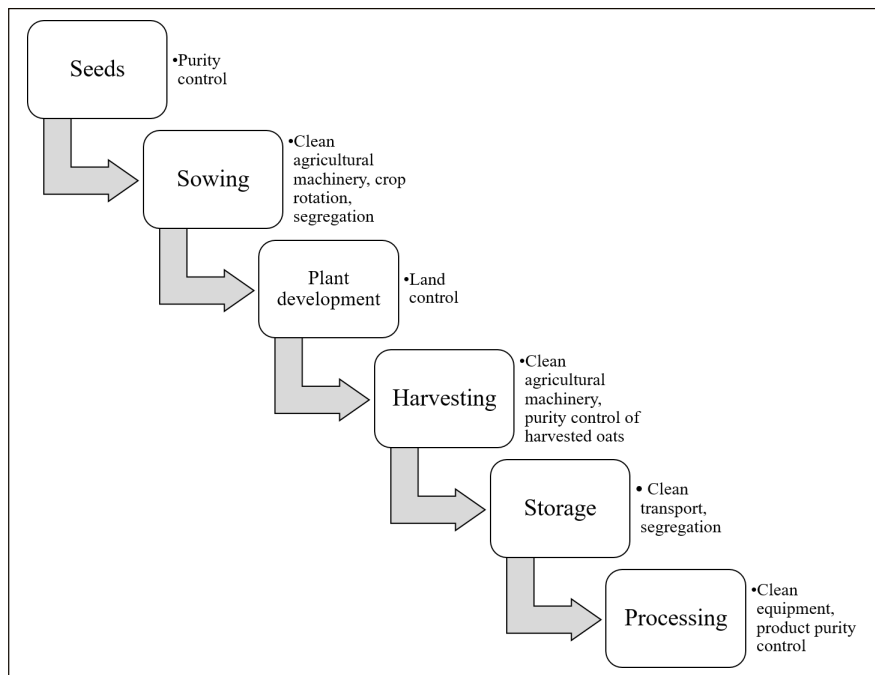


Figure 3. Major steps of a pure oats production protocol [57]

6. Summary

Gluten proteins have long been an integral part of our diet through the consumption of cereals, they are very important in determining the quality of a range of staple foods, thus they deserve to be in the center of cereal science for a long time. In the last couple of decades, they also came to the forefront due to their connection to diseases such as celiac disease, non-celiac gluten sensitivity or wheat allergy. In this paper, we focused on disorders treated by a gluten-free diet, primarily celiac disease, to demonstrate the special food safety and analytical challenges represented by gluten.

While we have at our disposal a relatively large repertoire of analytical methods, it is very important to be aware of their possibilities and limitations, especially in case of the routinely used ELISA. Some of these limitations can be at least partially eliminated or improved with new findings of protein chemistry, immunology and clinical studies, which corroborates the need of the continuation of the research efforts presented in this article. However, others will always be present due to the innate characteristics of the methodology, which makes it necessary to create new analytical solutions, of which a good example is the quick evolution of proteomics [58].

Consequently, the handling of gluten as a food safety problem requires a multidisciplinary approach. It needs the close cooperation of clinical research, lawmakers, food producers, food analytics and a range of other areas. Our research group integrated in this system through the improvement of the conditions of gluten analysis with the goal of making gluten quantification more reliable and as a result of that, to contribute to the safety and better quality of life of people living with celiac disease.

7. Acknowledgements

While this paper is more of a review in nature, it mentions a number of research results that have been created by the Research Group of Cereal Science and Food Quality operating at the Department of Applied Biotechnology and Food Science of the Budapest University of Technology and Economics in cooperation with its partner institutions both inland and abroad during the past about 15 years. The authors wish to express their gratitude to every project, institution and colleague that contributed to these works in any way. We are especially thankful to those nearly 40 students of ours who took part in these research projects during the preparation of their BSc, MSc or PhD theses.

The rye and barley reference material development research presented in this paper was partly funded by the National Research, Development, and Innovation Fund of Hungary under Grant TKP2021-EGA-02.

8. Irodalom

- [1] Shewry P.R., Hey S.J. (2015): The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security* **4** (3) pp. 178-202. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
- [2] Wieser H. (2007): Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology* **24** pp. 115-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- [3] Lionetti E., Gatti S., Pulvirenti A., Catassi C. (2015): Celiac disease from a global perspective. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. **29** pp. 365-379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2015.05.004>
- [4] Nasr I., Nasr I., Al Shekeili L., Al Wahsi H.A., Nasr M.H., Ciclitira P.J. (2016): Celiac disease, wheat allergy and non celiac gluten sensitivity. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*. **3** (4) pp. 336-340. DOI: <https://doi.org/10.15761/IFNM.1000155>
- [5] Codex Alimentarius (2008): Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten. Codex Stan 118-1979 rev. 2008.
- [6] European Commission (2014): Commission Implementing Regulation (EU) No 828/2014 on the requirements for the provision of information to consumers on the absence or reduced presence of gluten in food. *Official Journal of the European Union*. **57** pp. 5-9.
- [7] European Parliament (2011): Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council on the provision of food information to consumers. *Official Journal of the European Union*. **54** pp. L304/18-63.
- [8] Koning F. (2015): Adverse effects of wheat gluten. *Annals of Nutrition & Metabolism*. **67** (suppl. 2) pp. 8-14. DOI: <https://doi.org/10.1159/000440989>
- [9] Schalk K., Lexhaller B., Koehler P., Scherf K.A. (2017): Isolation and characterization of gluten protein types from wheat, rye, barley and oats for use as reference materials. *PLoS ONE*. **12** (2) pp. e0172819. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172819>
- [10] Tye-Din J.A., Stewart J.A., Dromey J.A., Beissbarth T., van Heel D.A., Tatham A., Henderson K., Mannering S.I., Gianfrani C., Jewell D.P., Hill A.V.S., McCluskey J., Rossjohn J., Anderson R.P. (2010): Comprehensive mapping of T cell epitopes in gluten in celiac disease. *Science Translational Medicine*. **2** pp. 41-51. DOI: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3001012>
- [11] Juhász A., Gell Gy., Békés F., Balázs E. (2012): The epitopes in wheat proteins for defining toxic units relevant to human health. *Functional & Integrative Genomics*. **12** pp. 585-598. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10142-012-0302-3>
- [12] Sollid L.M., Qiao S-W., Anderson R.P., Gianfrani C., Koning F. (2012): Nomenclature and listing of celiac disease relevant to gluten T cell epitopes restricted by HLA-DQ molecules. *Immunogenetics*. **64** pp. 455-460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00251-012-0599-z>
- [13] Scherf, K.A., Poms, R.E. (2016): Recent developments in analytical methods for tracing gluten. *Journal of Cereal Science*. **67** pp: 112-122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.08.006>
- [14] Bugyi, Zs., Török, K., Hajas, L., Adonyi, Zs., Popping, B., Tömösközi, S. (2013): Comparative study of commercially available gluten ELISA kits using an incurred reference material. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. **5** (1) pp. 79-87. DOI: <https://doi.org/10.3920/QAS2012.0174>

- [15] Alvarez, P.A., Boye, J. (2013): Comparison of gluten recovery in gluten-incurred buckwheat flour using different commercial test kits. *Food and Agricultural Immunology*. 25 (2) pp. 200-208. DOI: <https://doi.org/10.1080/09540105.2012.762901>
- [16] Bruins Slot, I.D., Bremer, M.G.E.G., van der Fels-Klerx, I., Hamer, R.J. (2015): Evaluating the performance of gluten ELISA test kits: The numbers do not tell the tale. *Cereal Chemistry*. 92 (5) pp. 513-521. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-14-0166-R>
- [17] Diaz-Amigo, C., Popping, B. (2013): Accuracy of ELISA Detection Methods for Gluten and Reference Materials: A Realistic Assessment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61 (24) pp. 5681-5688. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf3046736>
- [18] Pahlavan, A., Sharma, G.M., Pereira, M., Williams, K.M. (2016): Effects of grain species and cultivar, thermal processing, and enzymatic hydrolysis on gluten quantitation. *Food Chemistry*, 208, 264-271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.092>
- [19] Török K., Hajas L., Horváth V., Schall E., Bugyi Zs., Kemény S., Tömösközi S. (2015): Identification of the factors affecting the analytical results of food allergen ELISA methods. *European Food Research & Technology*. 241 (1) pp. 127-136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2441-y>
- [20] Lacorn, M., Lindeke, S., Siebeneicher, S., Weiss, T. (2018): Commercial ELISA measurement of allergens and gluten: What we can learn from case studies. *Journal of AOAC International*. 101 (1) pp. 102-107. DOI: <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0399>
- [21] Rzychon, M., Brohée, M., Cordeiro, F., Haraszi, R., Ulberth, F., O'Connor, G. (2017): The feasibility of harmonizing gluten ELISA measurements. *Food Chemistry*. 234 pp. 144-154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.092>
- [22] Chambers, S.J., Brett, G.M., Mills, E.N.C., Morgan, M.R.A. (2001): Multiantigenic peptides as standards in immunoassays for complex proteins: use of LGQQQPFPPQQPY in an enzyme-linked immunosorbent assay for gluten. *Analytical Biochemistry*. 292 pp. 301-305. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.2001.5037>
- [23] van Eckert, R., Berghofer, E., Ciclitira, P.J.,..., & Wieser, H. (2006): Towards a new gliadin reference material— isolation and characterisation. *Journal of Cereal Science*. 43 (3) pp. 331-341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.12.009>
- [24] Bugyi Zs., Török K., Hajas L., Adonyi Zs., Diaz-Amigo C., Popping B., Poms R., Kerbach S., Tömösközi S. (2012): Development of incurred reference material for improving conditions of gluten quantification. *Journal of AOAC International*. 95 (2) pp. 382-387. DOI: https://doi.org/10.5740/jaoacint.sge_bugyi
- [25] 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. *Analytica Chimica Acta*. 672 pp. 25-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.03.058> (IF: 4.311)
- [26] 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>
- [27] Török K., Horváth V., Horváth Á., Hajas L., Bugyi Zs., Tömösközi S. (2014): Investigation of incurred single- and multi-component model food matrices for the determination of food proteins triggering allergy and coeliac disease. *European Food Research & Technology*. 239 (6) pp. 923-932. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2289-6>
- [28] Török K., Hajas L., Horváth V., Schall E., Bugyi Zs., Tömösközi S. (2016): Identification of key effects causing weak performance of allergen analysis in processed food matrices. *Acta Alimentaria*. 45 (1) pp. 45-53. DOI: <https://doi.org/10.1556/066.2016.45.1.6>
- [29] 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>
- [30] Hajas L, Scherf K, Bugyi Zs, Török K, Schall E, Köhler P, Tömösközi S. ELISA response and gliadin composition of different wheat cultivars grown in multiple harvest years. *Acta Alimentaria*. 2017. 46 (2): 187-195. doi: <https://doi.org/10.1556/066.2016.0019>
- [31] 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 pp. 906. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00906>

- [32] Schall E., Scherf K. A., Bugyi Zs., Hajas L., Török K., Koehler P., Poms R. E., D'Amico S., Schoenlechner R., Tömösközi S. (2020): Characterisation and comparison of selected wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their blends to develop a gluten reference material. *Food Chemistry*. 313 pp. 126049 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126049>
- [33] Wieser, H., Kohler, P. (2009): Is the calculation of the gluten content by multiplying the prolamin content by a factor of 2 valid? *European Food Research and Technology*. 229 pp. 9-13. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1020-5>
- [34] Lacorn, M., Weiss, T., Wehling, P., Arlinghaus, M., Scherf, K. (2019): Quantification of Wheat, Rye, and Barley Gluten in Oat and Oat Products by ELISA RIDASCREEN® Total Gluten: Collaborative Study, First Action 2018.15. *Journal of AOAC International*. 102 (5) pp. 1535-1543. <https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1535>
- [35] Lexhaller, B., Tompos, C., & Scherf, K.A. (2016): Comparative analysis of prolamin and glutelin fractions from wheat, rye, and barley with five sandwich ELISA test kits. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 408 pp. 6093-6104. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9721-7>
- [36] Tanner, G.J., Blundell, M.J., Colgrave, M.L., & Howitt, C.A. (2013): Quantification of Hordeins by ELISA: The Correct Standard Makes a Magnitude of Difference. *Plos One*. 8 (2) pp. e56456. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056456>
- [37] Vici, G., Belli, L., Biondi, M., Polzonetti, V. (2016): Gluten Free Diet and Nutrition Deficiencies: A Review. *Clinical Nutrition*. 35 (6) pp. 1236-1241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.05.002>
- [38] Smulders, M.J.M., van de Wiel, C.C.M., van den Broeck, H.C., van der Meer, I.M., Israel-Hoewelaken, T.P.M., Timmer, R.D., ... Gillisen, L.J.W.J. (2018): Oats in healthy gluten-free and regular diets: A perspective. *Food Research International*. 110 pp. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.031>
- [39] Hoffmanová, I., Sánchez, D., Szczepanková, A., & Tlaskalová-Hogenová, H. (2019): The pros and cons of using oat in a gluten-free diet for celiac patients. *Nutrients*. 11 (10) pp. 2345. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11102345>
- [40] Pinto-Sánchez, M.I., Causada-Calo, N., Bercik, P., Ford, A.C., Murray, J.A., Armstrong, D., ... Green, P. (2017): Safety of adding oats to a gluten-free diet for patients with celiac disease: Systematic review and meta-analysis of clinical and observational studies. *Gastroenterology*. 153 pp. 395-409. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.04.009>
- [41] Cohen, I.S., Day, A.S., Shaoul, R. (2019): To be oats or not to be? An update on the ongoing debate on oats for patients with celiac disease. *Frontiers in Pediatrics*. 7 pp. 384. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00384>
- [42] Silano, M., Di Benedetto, R., Maialetti, F., De Vincenzi, A., Calcaterra, R., Cornell, H.J., & De Vincenzi, M. (2007): Avenins from different cultivars of oats elicit response by coeliac peripheral lymphocytes. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*. 42 pp. 1302-1305. DOI: <https://doi.org/10.1080/00365520701420750>
- [43] Comino, I., Bernardo, D., Bancel E., Moreno, M.L., Sánchez, B., Barro, F., ... Sousa, C. (2016): Identification and molecular characterization of oat peptides implicated on coeliac immune response. *Food & Nutrition Research*. 60 pp. 30324. DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.30324>
- [44] Hardy, M.Y., Tye-Din, J.A., Stewart, J.A., Schmitz, F., Dudek, N.L., Hanchapola, I., ... Anderson, K.P. (2015): Ingestion of oats and barley in patients with celiac disease mobilizes cross-reactive T-cells activated by avenin peptides and immuno-dominant hordein peptides. *Journal of Autoimmunity*. 56 pp. 56-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.10.003>
- [45] Lundin, K.E.A., Nilsen, E.M., Scott, H.G., Løberg, E.M., Gjøen, A., Bratlie, J., ... Kett, K. (2003): Oats induced villous atrophy in coeliac disease. *Gut*. 52 pp. 1649-1652. DOI: <https://doi.org/10.1136/gut.52.11.1649>
- [46] Australia New Zealand Food Standards Code. Standard 1.2.8. F2021C00668.
- [47] The Federal Register. Food Labeling; Gluten-Free Labeling of Foods. 2013 Fall. 21 CFR 101.91
- [48] La Vieille, S., Pulido, O.M., Abbott, M., Koerner, T.B., Godefroy, S. (2016): Celiac disease and gluten-free oats: A Canadian position based on a literature review. *Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2016 pp. 1870305. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/1870305>
- [49] Koerner, T.B., Cléroux, C., Poirier, C., Cantin, I., Alimkulov, A., Elemparo, H. (2011): Contamination in the Canadian commercial oat supply. *Food Additives and Contaminants*. 28 (6) pp. 705-710. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.579626>

- [50] Størsrud, S., Malmehden Yman, I., Lerner, R.A. (2003): Gluten contamination in oat products and products naturally free from gluten. *European Food Research & Technology*. 217 pp. 481-485. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1711970>
- [51] Giménez, M.J., Real, A., García-Molina, M.D., Sousa, C., Barro, F. (2017): Characterization of celiac disease related oat proteins: bases for the development of high quality oat varieties suitable for celiac patients. *Nature Scientific Reports*. 7 pp. 42588. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep42588>
- [52] Gell Gy., Bugyi Zs., Florides C. G., Birinyi Zs., Réder D., Szegő Zs., Mucsi E., Schall E., Ács K., Langó B., Purgel Sz., Simon K., Varga B., Vida Gy., Veisz O., Tömösközi S., Békés F. (2021): Investigation of protein and epitope characteristics of oats and its implications for celiac disease. *Frontiers in Nutrition*. 8 pp. 702352. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.702352>
- [53] Mucsi E., Szegő Zs. (2019): Fajtaszelekciós módszertan kidolgozása gluténmentes diétába illeszthető zabfajták azonosításához. TDK dolgozat, BME-VBK
- [54] Allred, L.K., Kupper, C., Iverson, G., Perry, T.B., Smith, S., Stephen, R. (2017): Definition of the “Purity Protocol” for producing gluten-free oats. *Cereal Chemistry*. 94 (3) pp. 377-379. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-17-0017-VO>
- [55] Fritz, R.D., Chen, Y. (2017): Kernel-based gluten contamination of gluten-free oatmeal complicates gluten assessment as it causes binary-like test outcomes. *International Journal of Food Science and Technology*. 52 pp. 359-365. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13288>
- [56] Chen, Y., Fritz, R.D., Kock, L., Garg, D., Davis, R.M., Kasturi, P. (2018): A stepwise, ‘test-all-positives’ methodology to assess gluten-kernel contamination at the serving-size level in gluten-free (GF) oat production. *Food Chemistry*. 240 pp. 391-395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.153>
- [57] Váradi V. (2020): Tiszta zab és a gluténmentes diéta: nemzetközi jó gyakorlatok és hazai ajánlások. Szakdolgozat, BME-VBK
- [58] Alves, T.O., D’Almeida, C.T.S., Scherf, K.A., Ferreira, M.S.L. (2019): Modern approaches in the identification and quantification of immunogenic peptides in cereals by LC-MS / MS. *Frontiers in Plant Science*. 10 pp. 1470. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01470>

Elválasztástechnikai módszerek fejlesztése növényi fehérjék és szénhidrátok komplex jellemzésére

Kulcsszavak: szénhidrátok, FODMAP, keményítő, HPLC, polimer, rosttartalom, alapanyagjellemzés, növényi fehérjék

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékén működő Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoportban az elválasztástechnika már hosszú idő óta részét képezi az élelmiszerek, élelmiszer összetevők komplex minőségi értékeléséhez alkalmazott módszereknek. A jelenlegi és jogelőd tanszékünkön dolgozó kollégáink komoly eredményeket értek el az elválasztástechnikai módszereik segítségével például a fehérje és szénhidrát összetétel vizsgálatában, a lipidek (zsírsavak) analízisében, a biogén aminok és aminosavak mennyiségi és minőségi értékelésében, stb. Az alapanyag összetételi meghatározása mellett fontos kérdés volt az egyes molekulák minőségére, technológiai tulajdonságokra gyakorolt hatása. Ezt mindig az adott korban korszerűnek számító eszközöket és módszereket felhasználva volt lehetőség vizsgálni, így gélkromatográfia, nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia, gázkromatográfia és elektroforetikus technikák alkalmazása fémjelzte mind a kutatás, mind az oktatás színvonalát. Az elmúlt években a kutatócsoportunkban főként a gabonák minőségével, összetételükkel, technológia potenciáljukkal és élelmiszerbiztonsági szempontú értékelésükkel foglalkoztunk. Ezeknek a területeknek a kutatására a részletes molekuláris szintű (elsősorban fehérje és rost összetételi) vizsgálatok elengedhetetlenné váltak, amelyek kiváló eszközei a modern elektroforetikus és kromatográfiás módszerek. Ezek megfelelő alkalmazása azonban nagy kihívást jelent, mert rutinszerű használatukhoz a legtöbb esetben komoly módszerfejlesztési és/vagy módszeradaptálási, részleges validálási feladatok elvégzése szükséges. A következőkben néhány alkalmazási példán keresztül rövid áttekintést adunk a kutatócsoportunkban az elválasztástechnika területét érintő projektekről és elért eredményeinkről.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport

SCHALL Eszter
TÖRÖK Kitti
JUHÁSNÉ SZENTMIKLÓSSY
Marietta Klaudia
NÉMETH Renáta
TÖMÖSKÖZI Sándor

schall.eszter@vbk.bme.hu
torokkitti@gmail.com

szentmiklossy.marietta@vbk.bme.hu
nemeth.renata@vbk.bme.hu
tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu

<https://orcid.org/0000-0003-1660-8195>
<https://orcid.org/0000-0002-7045-0053>

<https://orcid.org/0000-0002-1306-3444>
<https://orcid.org/0000-0003-3064-5056>
<https://orcid.org/0000-0002-3444-8423>

2. Bevezetés

Növényi alapú élelmiszereink tárháza rendkívül széles, melyek fogyasztása szükséges az energiabevitelünk fedezésére, fehérje és rostforrásunkat is részben biztosítják, de emellett számos, szervezetünkre jótékony hatást gyakorló összetevővel is rendelkeznek. Sajnos emellett tartalmazhatnak olyan molekulákat, melyek összefüggésbe hozhatók emésztőrendszeret érintő rendellenességgel (pl. allergia, cöliákia, irritábilis bélszindróma).

Az élelmiszeralitika területén számos módszer áll rendelkezésünkre az élelmiszerek adott szempontú jellemzésére, viszont nehéz feladattal állunk szemben, amikor olyan bonyolult, "sokszereplős" anyagi rendszereket próbálunk analizálni és ezen keresztül megérteni, mint pl. a gabonaalapú tészta, vagy sütőipari termékek. Hiszen a célzott mintaelőkészítés, a mintaelőkészítés során a natív szerkezet megtartása, a különböző összetevők szelektív elválasztása, vagy a komponensek detektálása is komoly kihívást jelenthet.

A BME ABÉT Gabonatudományi és Élelmiszermínőség kutatócsoportban az elválasztástechnikán belül főként a fehérjék és szénhidrátok vizsgálatával foglalkozunk, mely kiterjed az alapanyagok jellemzésére vagy például a reológiai és technológiai viselkedés során tapasztalt jelenségek értelmezésére. A kutatási céljainkat és feladatainkat három nagy csoportra, a táplálkozási érték, egészségtámogató összetevők mennyiségének meghatározására, a technológiai viselkedést alapvetően meghatározó szénhidrátok és fehérjék jellemzésére és az élelmiszerbiztonsági szempontból kritikus egyes összetevők vizsgálatára oszthatjuk.

3. Szénhidrátok jellemzése

A növényi szénhidrátok közül alapvető jelentőségű a keményítő, mely táplálkozási szempontból energiaszükségletünk fedezése miatt fontos, technológiailag pedig például a gabonákból készülő termékek minőségét befolyásolja, továbbá számos esetben, natív vagy módosított formában állományjavító segédanyagként funkcionál. A nem keményítő szénhidrátok esetében az élelmi rostok mind táplálkozási, mint technológiailag fontos szerepet tölthetnek be minőségüktől függően, melyek közül a gabonák esetében a legkiemelkedőbb képviselők az arabinoxilán, a β -glükán és az arabinogalaktán-peptidek. A kis molekulaméretű szénhidrátok szintén fontosak az energiabevitelben (pl. cukrok), emellett pedig a termékek érzékszervi tulajdonságait határozhatják meg. Viszont e csoport egyes tagjai (FODMAP - fermentálható oligo-, di-, monoszacharidok és cukoralkoholok) élelmiszerbiztonsági szempontból problémát jelenthetnek bizonyos fogyasztók számára. [1, 2]

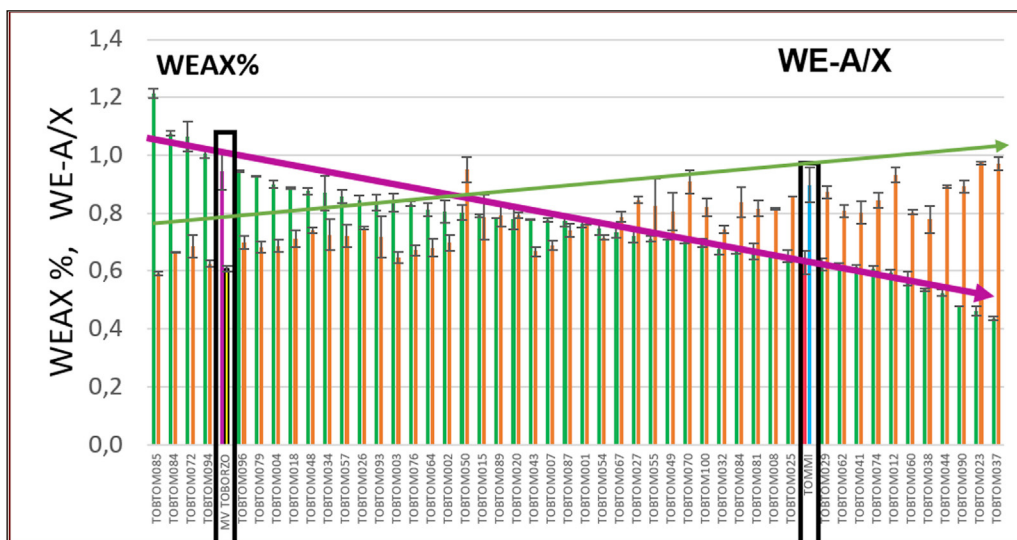
A keményítő szerkezete, amilóz/amilopektin aránya, mérete szolgálhat információval annak technológiai tulajdonságairól. A keményítőszemcsék mérete a vízfelvétellel van összefüggésben, mely tészta-rendszerekben a tészta nyújthatóságát, nyújtással szembeni ellenállását határozza meg. A keményítő alkotók közül az amilóz szilárdabb gélt eredményez. Viszont az amilóz az öregedési folyamatokban nagyobb mértékben érintett, mint az amilopektin, így magas aránya csökkenti a termékek eltarthatóságát. [1, 3]

A keményítő és alkotóinak mennyiségi meghatározása és molekuláris tulajdonságainak jellemzése komoly kihívást jelent. Ugyanis a molekula szelektív oldatba vitele és specifikus, csak rá és alkotóira jellemző meghatározása alig lehetséges. Elérhető enzimes kitek a keményítő teljes mennyiségének és az amilóz/amilopektin arányának (amilóz tartalmának) meghatározására [4, 5], de ezek megbízhatósága a fent említett okok miatt kérdéses. Mi a kutatásainkhoz a keményítő jellemzést méretkizárásos nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával (HPLC) valósítjuk meg, amivel a keményítő méretéről és az amilóz/amilopektin arányról kaphatunk információt. Ezt számos kutatási projektben alkalmaztuk, például növényneveléssel előállított magas amilóz és magas amilopektin arányú minták vizsgálatára. Emellett búza alapú keményítő előállítás technológiai megvalósításában is részt vettünk, mely esetben főként az alapanyagok változékonyságának vizsgálatát, illetve a keményítő előállítás monitorozását oldottuk meg ilyen módon. [6, 7] (Kapcsolódó pályázatok: GINOP-2.1.1-15-2016-00855; OTKA K112179)

A rostok szerepet játszanak a gabonákból készült termékek technológiai tulajdonságainak alakításában, de szervezetünkre gyakorolt pozitív hatásai is döntő jelentőségűek. A rostalkotók táplálkozási és technológiai viselkedést alakító szerepének megítélése szempontjából fontos azok több szempontból történő jellemzése. Elválasztástechnikai módszerekkel részletesen jelenleg az arabinoxilánokat jellemezzük, melyek összetétele és mérete értékes információkkal szolgál. A molekula gerincét jelentő xilózok, és az oldalláncokat alkotó arabinózok aránya alapvetően meghatározza a polimer tulajdonságait, pl. oldhatóságát és méretét [8]. A polimert felépítő monomerek összetételéről és arányáról, továbbá abszolút mennyiségéről gázkromatográfiás módszer segítségével kapunk információt. Az összetétel mellett viszont a rost molekulák méretének feltérképezése is fontos a technológiai tulajdonságokat befolyásoló hatásuk vizsgálatához. Ehhez azonban a polimer szerkezetet változatlanul hagyjuk, és méretkizárásos folyadékkromatográfiával vizsgálhatjuk a méreteloszlást. Jelenleg nem megoldott probléma, hogy így azonban csak az oldható rostok tulajdonságainak meghatározása lehetséges.

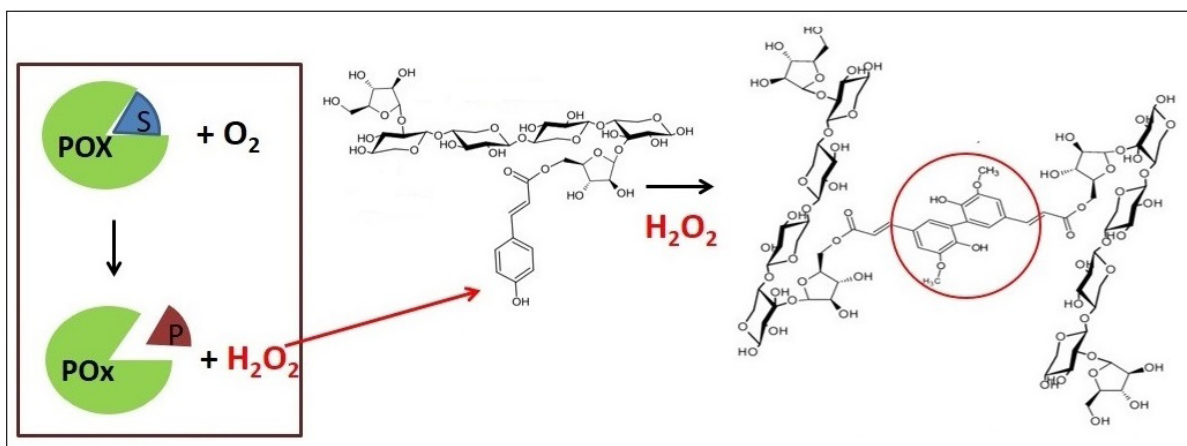
Továbbra is kérdéses, hogy a gabonák jelentős részében túlnyomó többségben jelen lévő oldhatatlan rostok jellemzése hogyan történjen. Hasonló módszertani problémákkal találkozunk pl. a HMW gluteninek (nagy molekulaméretű sikerfehérjék) vizsgálatánál is.

A teljes rosttartalom alakulásáról az irodalomban számos publikáció érhető el, viszont az egyes rostalkotók mennyiségéről már sokkal kevesebb. Csoportunkban számos projekt kötődik az arabinoxilánok meghatározásához, melyek során főként a genetikai és környezeti tényezők hatását, így ezen molekulák változékonyságát térképeztük, illetve térképezzük fel (**1. ábra**) [9, 10, 11]. (Kapcsolódó pályázat: OTKA K112179)

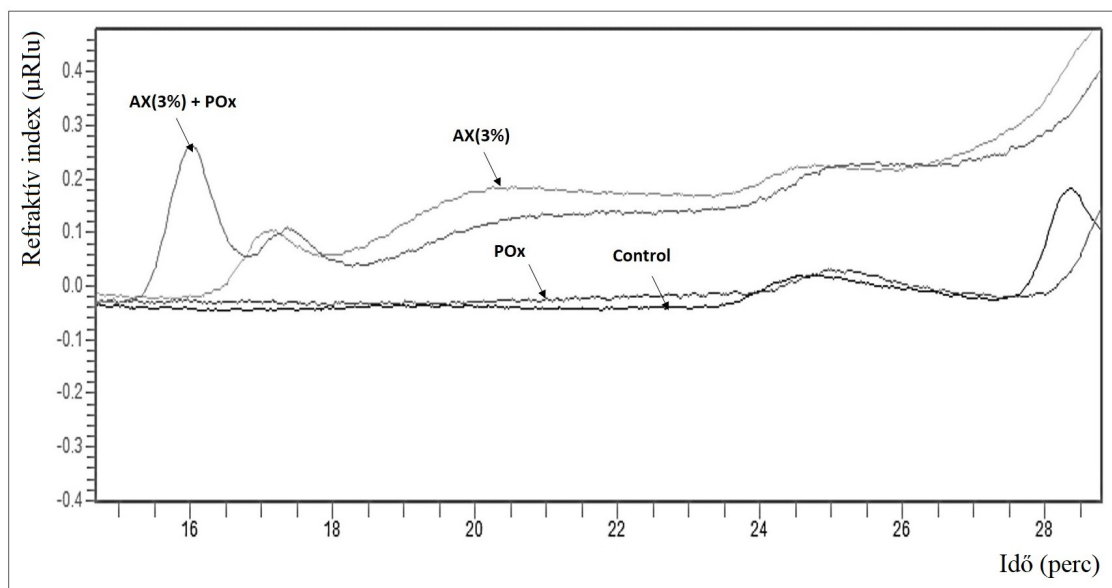


1. ábra. Célzott növényneveléssel előállított kísérleti vonalak oldható arabinoxilán tartalma (WEAX%) és arabinóz/xilóz aránya (WE-A/X) [11]

Az alapanyagjellemzés mellett a rostalkotók technológiai viselkedést befolyásoló hatását is vizsgáltuk. Az elmúlt évek egyik meghatározó kutatási feladata volt csoportunkban a gluténmentes termékek fejlesztésénél a sikértartalmú gabonákhoz hasonló tézstaszerkezet kialakítása. Mivel a gluténmentes alapanyagokból pont a megfelelő tézstaszerkezetet adó sikerfehérjék hiányoznak, ezért ezt valahogy pótolni kell. Kutatásunk során ezt szénhidrátokkal, méghozzá arabinoxilán hálózat kialakításával kíséreltük meg legalább részlegesen pótolni (**2. ábra**). Ennek nyomkövetésére, a hálózat kialakulásának bizonyítására és a polimerek enzimkezelés hatására kialakuló változására a folyadékkromatográfiás módszerünk alkalmasnak bizonyult (**3. ábra**). [12, 13, 14] (Kapcsolódó pályázatok: OTKA ANN-114554; TÉT_15-1-2016-0066)



2. ábra. Az enzimkezelés hatásának lehetséges mechanizmusa az arabinoxilán hálózat kialakítására (POx – piranóz-oxidáz; S (szubsztrát) – mono- és diszacharidok; P (termék) – dikarbonil származékok) [15]



3. ábra. Az enzimkezelés és az arabinoxilán hálózat kialakulásának vizsgálata SE-HPLC módszerrel teljes kiőrlésű köles mintán (AX – arabinoxilán; POx – piranóz-oxidáz) [15]

Az emésztőrendszert érintő rendellenességek közé sorolható irritábilis bélszindróma összefüggésbe hozható rövid szénláncú szénhidrátok fogyasztásával, melyek összefoglaló neve a FODMAP [16]. Ezek feltérképezésére fókuszáltunk az elmúlt időszakban, melyek minőségi és mennyiségi vizsgálatát folyadékkromatográfiai módszerekkel tudjuk megoldani.

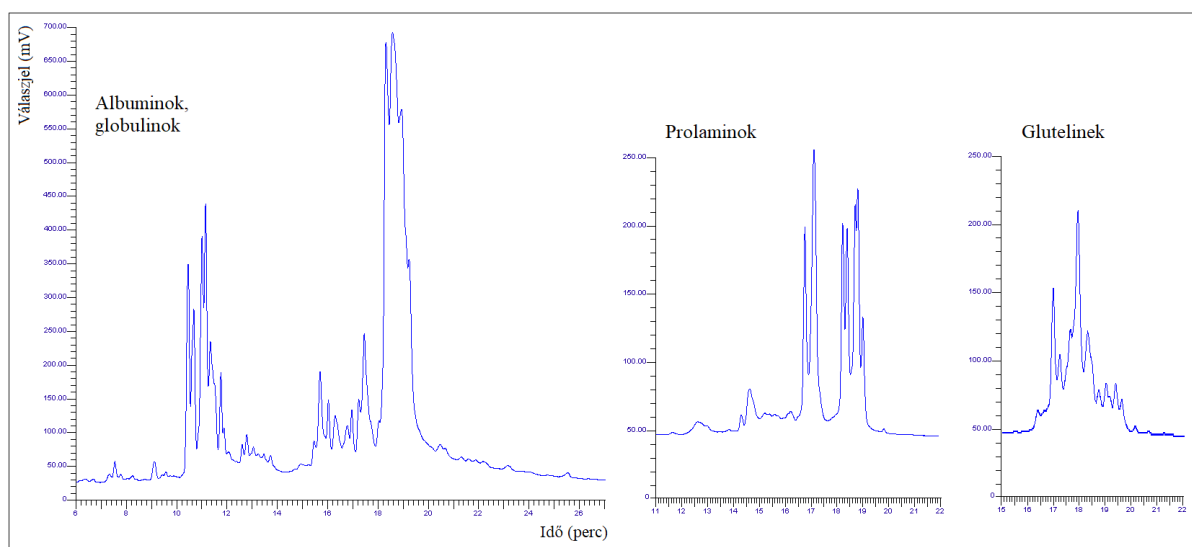
Számos olyan növényi alapú élelmiszer sorolható fel, mely FODMAP tartalom tekintetében magas kockázatúnak tekinthető. A gabonák többsége ide sorolható, ugyanakkor a szemtermékek FODMAP tartalmának fajta és környezet függő változékonyságáról szinte semmit sem tudunk. Az elmúlt években nemesítő és malomipari partnereinkkel közösen végzett kutatásaink során ezen összetevők meghatározására alkalmas analitikai módszerek fejlesztésén dolgoztunk. Ennek eredményeképpen adaptált és továbbfejlesztett módszerekkel ma már lehetőségünk van különböző gabona fajok és fajták, illetve különböző őrlmények kis molekulaméretű szénhidrát összetételéről információt szolgáltatni, ami lehetővé teszi ezen összetevők mennyiségi és minőségi változékonyságának a feltérképezését. (Kapcsolódó pályázat: 2017-1.3.1-VKE-2017-000)

4. Növényi fehérjék vizsgálati módszerei

A növényi fehérjék felosztása hagyományosan az Osborne frakcionáláshoz köthető, mely oldhatóság alapján különböztetni meg az egyes fehérjéket. Habár ez funkció, méret és összetétel tekintetében nem mindig jelent homogén csoportokat, így például a gabonafehérjék esetében más szempontokat is tartalmazó csoportosítást is kidolgoztak. [17, 18]

Csoportunkban főként a különböző minőségű fehérjék technofunkcionális tulajdonságainak megértésével, és az élelmiszerbiztonsági szempontból kritikus fehérjék jellemzésével, analitikai környezetének fejlesztésével foglalkozunk. A fehérjeösszetétel vizsgálatára főként méretkizáráson és fordított fázisú elválasztáson alapuló folyadékkromatográfiai módszereket alkalmazunk.

A búza esetében a fehérjeösszetétellel kapcsolatos irodalmi források száma nagy, viszont érdekesség, hogy a nagyon hasonló, és közeli rokonsági kapcsolatban lévő gabonákról (pl. rozs, árpa, zab) ez a tudásanyag sokkal kisebb. Ezért utóbbiakkal kapcsolatos kutatási feladataink végrehajtásába sokkal nehezebb dolgunk van, mert kevésbé támaszkodhatunk az irodalomban leírt módszerekre és adatokra. Így az eredmények értelmezése, a kapott kromatográfiai csúcsok azonosítása a hiányos ismeretanyag miatt sokszor nehéz. Ebből adódóan sokat foglalkozunk a zab és rozs részletes összetételei és reológiai, technológiai viselkedésének feltérképezésével párhuzamosan a folyadékkromatográfiai módszerek fejlesztésével és alkalmazásával, melynek eredményeképpen az eddigieknél részletesebb képet kaphatunk ezen gabonák fehérjeösszetételéről, illetve annak változékonyságáról (4. ábra). [19] (Kapcsolódó pályázat: 2017-1.3.1-VKE-2017-000)



4. ábra. A zab fehérjéinek Osborne frakcionálással és fordított fázisú folyadékkromatográfiával elválasztott profilja (saját)

Ezeket a módszereket viszont nem csak az alapanyagok jellemzésénél tudjuk a szolgálatunkba állítani. A megfelelő technológiai jellemzőkkel rendelkező termékek fejlesztésénél alapvető fontosságú, hogy megértsük a tézstarendszert alkotó összetevő között fellépő kölcsönhatásokat. A tanszékünkön folyó kutatások komoly eredményekkel járultak hozzá a siker komplex kialakulásának megértésében [20], azonban még nagyon sok kérdés merül fel a fehérjék és szénhidrátok kapcsolatáról, a rostok szerepéről és a külső forrásból adagolt molekulák tézstarendszerbe való beépüléséről. A minőségi javítást célzó termékfejlesztések során a pontos mechanizmusok megértése nélkülözhetetlen, aminek jó eszköze lehet a kromatográfias módszerek nyújtotta lehetőségek. Ugyanis a termékfejlesztéseknél a különböző technológiai kezelések hatásának nyomonkövetésére is jól alkalmazhatók. Erre példa a szintén a gluténmentes termékfejlesztéseknél a dagasztási, kelesztési és sütési lépések, illetve az arabinoxilán adagolások hatásának vizsgálata a fehérjeösszetétel tekintetében. [21] (Kapcsolódó pályázat: OTKA ANN-114554)

Végül, de nem utolsó sorban az elválasztástechnikai módszerek segítségével az élelmiszerbiztonsági szempontból kritikus összetevők (pl. cöliákiát kiváltók fehérjék) is vizsgálhatók. A glutén szennyezettség kimutatására/meghatározására alkalmas analitikai módszerek megbízhatóságával kapcsolatban komoly problémaként merül fel a referencia anyagok hiánya. Ennek megoldásán már több éve foglalkozunk immunanalitikai gyorseszteket gyártó cégekkel és külföldi partner kutatócsoportokkal. A fejlesztés elengedhetetlen része a cöliákiát kiváltó fehérjék genetikai és környezeti változékonyságának feltérképezése, továbbá a fehérjék fizikai-kémiai tulajdonságainak megváltozása az élelmiszerek előállításánál. Előbbi főleg fordított fázisú HPLC, míg utóbbit méretkizárásos folyadékkromatográfia segítségével vizsgáltuk. A fehérjék részletesebb elemzését első körben a búzával kapcsolatban végeztük, azonban a rozs és árpa fehérjék is érintettek a rendellenesség kiváltásában, melyek vizsgálata jelenleg is folyik a kutatócsoportunkban. [22, 23, 24, 25] (Kapcsolódó pályázat: FOODCT-2006-036337)

6. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani minden volt és jelenlegi munkatársnak, PhD hallgatónak és egyetemi hallgatónak, akik munkájukkal hozzájárultak a kutatócsoportunk elválasztástechnikai tudásanyagának bővítéséhez. Külön köszönet Balázs Gábornak és Harasztos Annának, akik hosszú ideig voltak meghatározó tagjai a csoportnak, és akiknek számos, ma is alkalmazott módszer fejlesztésének elindítását köszönhetjük.

A munkák finanszírozását számos kutatási projekt és támogatás segítségével tudjuk fenntartani, melyek közül az elmúlt évek legmeghatározóbb projektjei a következők:

- „A tönkölybúzában rejlő genetikai, összetételi és feldolgozóipari lehetőségek feltárása” című OTKA 135211 pályázat
- TKP2021 pályázati program, BME-EGA-02 és BME TKP-BIO 2020 projektek
- „GalgaGabona projekt: Élelmiszerbiztonsági, agrotechnikai, feldolgozástechnológiai és táplálkozási érték növelését célzó fejlesztések a zab és rozs humán célú hasznosítási feltételeinek javítása érdekében” című projekt (2017-1.3.1-VKE-2017-00004)

- „Gluténmentes tészta minőségének javítása hemicellulóz hálózat kialakításával” (OTKA ANN 114554) (FWF I1842-N28)
- „Módosított szénhidrátrendszeren alapuló gluténmentes és végtermék modellek szerkezeti, reológiai és funkcionális tulajdonságainak vizsgálata” (TÉT_15-1-2016-006)
- „Új szempontok a búzanemesítésben: a bioaktív komponens-összetétel javítása és annak hatásai” (OTKA 11279)(FWF-I1842-N28)
- „Vállalatok K+F+I tevékenységének támogatása: Minőségorientált komplex ipari termelési rendszer és modell kifejlesztése, új módosított keményítő kialakítása, illetve új rostalapú feldolgozott termék hasznosításának kutatása” című projekt (GINOP-2.1.1-15)
- „Egészségmegőrzés és hagyomány: alapanyag-, termék- és technológiafejlesztés a gabonavertikumban” (TECH_08_A/2-2008-0425)
- „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002)
- EU 6. Keretprogramja által támogatott MoniQA Kiválósághálózat (FOOD-CT-2006-036337)

5. Irodalom

- [1] Goesaert H., Brijs K., Veraverbeke W.S., Courtin C.M., Gebruers K., Delcour J.A. (2005): Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology* **16** (1-3) pp. 12-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>
- [2] Khan K., Shewry P.R. (2009): *Wheat: Chemistry and Technology*. 4th ed. AACCI International, Inc.
- [3] Gray J.A., Bemiller J.N. (2003): Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2** (1) pp. 1-21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- [4] McCleary B.V., Charnock S.J., Rossiter P.C., O’Shea M.F., Power A.M., Lloyd R.M. (2006): Measurement of carbohydrates in grain, feed and food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **86** (11) pp. 1648-1661. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2497>
- [5] McCleary B.V., Charmier L.M.J., McKie V.A. (2018): Measurement of Starch: Critical Evaluation of Current Methodology. *Starch – Stärke* **71** (1-2) 1800146. <https://doi.org/10.1002/star.201800146>
- [6] Jaksics E., Paszerbovics B., Egri B., Rakszegi M., Tremmel-Bede K., Vida Gy., Gergely Sz., Németh R., Tömösközi S. (2020): Complex rheological characterization of normal, waxy and high-amylose wheat lines. *Journal of Cereal Science* **93** 102982 pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102982>
- [7] Fekete D. (2021): A fajtahatás vizsgálata a búzakeményítő előállítás laboratóriumi modellezése során nyert termékekben. *MSc Diplomamunka*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- [8] Saulnier L., Sado P.-E., Branlard G., Charmet G., Guillon F. (2007). Wheat arabinoxylans: Exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *Journal of Cereal Science* **46** (3) pp. 261-281. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.014>
- [9] 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.012>
- [10] Tremmel-Bede K., Szentmiklóssy M., Tömösközi S., Török K., Lovegrove A., Shewry P.R., Láng L., Bedő Z., Vida Gy., Rakszegi M. (2020): Stability analysis of wheat lines with increased level of arabinoxylan. *PLoS ONE* **15** (5) pp. 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232892>
- [11] Szentmiklóssy M., Török K., Pusztai É., Kemény S., Tremmel-Bede K., Rakszegi M., Tömösközi S. (2020): Variability and cluster analysis of arabinoxylan content and its molecular profile in crossed wheat lines. *Journal of Cereal Science* **95** 103074 pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103074>
- [12] Bender D., Németh R., Cavazzi G., Turoczi 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.035>
- [13] 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.036>

- [14] 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103292>
- [15] 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.036>
- [16] Ispiryan L., Zannini E., Arendt E.K. (2020): Characterization of the FODMAP-profile in cereal-product ingredients. *Journal of Cereal Science* **92** 102916. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102916>
- [17] Osborne, T. B. (1907): *The protein of the wheat kernel*. Publication No. 84. Carnegie Institute: Washington, DC
- [18] Shewry P.R., Halford N.G., Lafiandra D. (2003): Genetics of wheat gluten proteins, *Advances in Genetics* **49** pp. 111–184. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(03\)01003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(03)01003-4)
- [19] Járó K. (2021): Különböző zab minták fehérjeösszetételének jellemzése nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszerekkel. *MSc Diplomamunka*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- [20] Lásztity R., Békés F., Örsi F., Smied I., Ember-Kárpáti M. (1996). protein-lipid and protein-carbohydrate interactions in the gluten complex. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering* **44** (1-2) pp. 29-40.
- [21] Németh R. (2019): Sütőipari minőség meghatározására alkalmas műszer- és módszerfejlesztések és alkalmazásuk búzaalapú és gluténmentes modelltermékek vizsgálatára. *Doktori értekezés*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- [22] Török K., Hajas L., Bugyi Z., Balázs G., Tömösközi S. (2015). Investigation of the effects of food processing and matrix components on the analytical results of ELISA using an incurred gliadin reference material candidate. *Acta Alimentaria* **44** (3) pp. 390–399. <https://doi.org/10.1556/AAlim.2014.0018>
- [23] Hajas L., Scherf K.A., Török K., Bugyi Z., 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.005>
- [24] Schall E., Scherf K.A., Bugyi Z., Hajas L., Török K., Koehler P., Poms R.E., D'Amico S., Schoenlechner R., Tömösközi, S. (2020): Characterisation and comparison of selected wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their blends to develop a gluten reference material. *Food Chemistry* **313** 126049. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126049>
- [25] Schall E., Scherf K.A., Bugyi Z., 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** 906. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00906>

Development of separation techniques for complex characterization of plant proteins and carbohydrates

Keywords: carbohydrates, FODMAP, starch, HPLC, polymer, fibre content, characterisation, plant proteins

1. SUMMARY

In the Research Group of Cereal Science and Food Quality at the Department of Applied Biotechnology and Food Science of BME, separation technique has been part of the methods used for the complex quality assessment of food and food ingredients for a long time. Our colleagues working in our current and predecessor department achieved serious results with the help of their separation technique methods, for example in the analysis of protein and carbohydrate composition, analysis of lipids (fatty acids), quantitative and qualitative evaluation of biogenic amines and amino acids, etc. In addition to determining the composition of the raw material, the impact of different molecules on quality and technological properties was always an important question. It was always possible to investigate this using the modern tools and methods of the time, so the application of gel chromatography, high-performance liquid chromatography, gas chromatography and electrophoretic techniques determined the quality of both research and education. In recent years, the research group has mainly dealt with the quality of grains, their composition, their technological potential and their evaluation from a food safety aspect. For the research of these areas, molecular level (mainly protein and fibre composition) examinations have become essential, for which modern electrophoretic and chromatographic methods are excellent tools. However, their proper application is a great challenge, because in most cases, serious method development and/or method adaptation and partial validation tasks are required for their routine use. In the following, we provide a brief overview of the projects and results achieved in our research group in the field of separation techniques through a few application examples.

¹ Budapest University of Technology and Economics, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Research Group of Cereal Science and Food Quality

Eszter SCHALL

Kitti TÖRÖK

Marietta Klaudia

JUHÁSZNÉ SZENTMIKLÓSSY

Renáta NÉMETH

Sándor TÖMÖSKÖZI

schall.eszter@vbk.bme.hu

torokkitti@gmail.com

szentmiklossy.marietta@vbk.bme.hu

nemeth.renata@vbk.bme.hu

tomoskozi.sandor@vbk.bme.hu

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

<https://orcid.org/0000-0002-7045-0053>

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

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

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

2. Introduction

The range of our plant-based foods is wide, and the consumption of them is necessary to cover our energy intake, they also partially provide our protein and fibre source, but they also have many ingredients that have a beneficial effect on our body. Unfortunately, they may also contain molecules that can be associated with disorders affecting the digestive system (e.g. allergies, celiac disease, irritable bowel syndrome).

In the field of food analytics, we have a number of methods available to characterize foods, but we are faced with a difficult task when we try to analyse and understand such complex material systems like cereal-based dough and bakery products. Because targeted sample preparation, maintaining the native structure during sample preparation, selective separation of different components, or detection of components can be a serious challenge.

In the BME ABÉT Research Group of Cereal Science and Food Quality, within the separation techniques, we mainly deal with the examination of proteins and carbohydrates, which covers the characterization of raw materials or, for example, the interpretation of phenomena experienced during rheological and technological behaviour. Our research goals and tasks can be divided into three large groups: the determination of nutritional value and the quantity of health-supporting ingredients, the characterization of carbohydrates and proteins that fundamentally determine technological behaviour, and the examination of certain ingredients that are critical from a food safety point of view.

3. Characterization of carbohydrates

Among plant carbohydrates, starch has fundamental importance, which is relevant from a nutritional point of view due to our energy needs, and it is a key component in technology, for example, it affects the quality of products made from grains, and in many cases, in its native or modified form, it is an important additive in dough improvement. In the case of non-starch carbohydrates, dietary fibres can play an important role both nutritionally and technologically, depending on their quality. In the case of grains, the most prominent representatives are arabinoxylan, β -glucan and arabinogalactan peptides. Small molecular size carbohydrates are also important for energy intake (e.g. sugars), and can also determine the sensory properties of products. However, some members of this group (FODMAP - fermentable oligo-, di-, monosaccharides and polyols) can pose a food safety problem for certain consumers. [1, 2]

Starch, its structure, amylose/amylopectin ratio and size can provide information about its technological properties. The size of the starch particles is related to the water absorption, which in dough systems determines the dough's extensibility and resistance. Among the starch constituents, amylose results in a firmer gel. However, amylose is more involved in the aging process than amylopectin, so its high ratio reduces the shelf life of products. [1, 3]

The quantification of starch and its constituents and the characterization of their molecular properties are a serious challenge, as it is hardly possible to apply selective solution and to determine it and its constituents specifically. Enzyme kits are available to determine the total amount of starch and the amylose/amylopectin ratio (amylose content) [4, 5], but their reliability is questionable for the reasons mentioned above. For our research, we perform starch characterization with size exclusion high-performance liquid chromatography (HPLC), which allows us to obtain information on the size of the starch and the amylose/amylopectin ratio. We have used this in many research projects, for example to study wheat with high amylose and high amylopectin ratios produced by plant breeding. In addition, we also participated in a project focusing on the technological implementation of wheat-based starch production, in which case we mainly solved the examination of the variability of raw materials and the monitoring of starch production in this way. [6, 7] (*Related projects: GINOP-2.1.1-15-2016-00855; OTKA K112179*)

Fibres play a role in forming the technological properties of cereal based products, but their positive effects on our bodies are also crucial. For assessing the role of fibres in shaping nutritional and technological behaviour, it is important to characterize them from several points of view. We are currently characterizing arabinoxylans in detail using separation techniques, whose composition and size provide valuable information. The ratio of xyloses, which form the backbone of the molecule, and arabinoses, which make up the side chains, basically determines the properties of the polymer, e.g. solubility and size [8]. Information on the composition and ratio of the monomers that make up the polymer, as well as their absolute amount, is obtained using the gas chromatography method. In addition to the composition, it is also important to map the size of the fibre molecules in order to examine their effect on the technological properties. For this, the polymer structure is left unchanged, and the size distribution can be examined by size exclusion liquid chromatography. It is currently an unsolved problem that, it is only possible to determine the properties of soluble fibres in this way. It is still questionable how to characterize the insoluble fibres present in the vast majority of cereals. We encounter similar methodological problems for example in the case of examination of HMW glutenins (high molecular weight gluten proteins).

Numerous publications are available in the literature on the evolution of the total fibre content, but much less on the amount of individual fibre constituents. In our group, several projects are connected to the determination of arabinoxylans, during which we mainly mapped the effect of genetic and environmental factors, thus the variability of these molecules (**Figure 1**). [9, 10, 11]. (Related project: OTKA K112179)

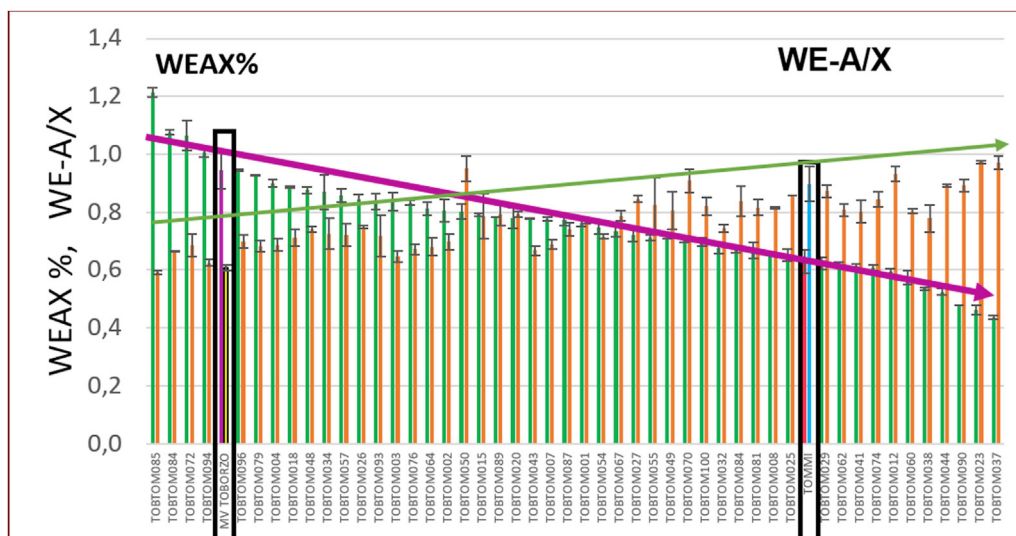


Figure 1. Soluble arabinoxylan content (WEAX%) and arabinose/xylose ratio (WE-A/X) of experimental breeding lines produced by targeted plant breeding [11]

In addition to the raw material characterization, we also examined the influence of the fibre-forming agents on the technological behaviour. One of the defining research tasks of our group in recent years was the forming of a dough structure similar to gluten-containing grains in the development of gluten-free products. Since the gluten-free raw materials lack the proteins that give the appropriate structure of the dough, this must be replaced somehow. During our research, we attempted to at least partially replace this with carbohydrates, namely by forming an arabinoxylan network (**Figure 2**). Our liquid chromatography method proved to be suitable for tracking this, proving the formation of the network and the changes that occur in the polymers as a result of enzyme treatment (**Figure 3**). [12, 13, 14] (Related projects: OTKA ANN-114554; TÉT_15-1-2016-0066)

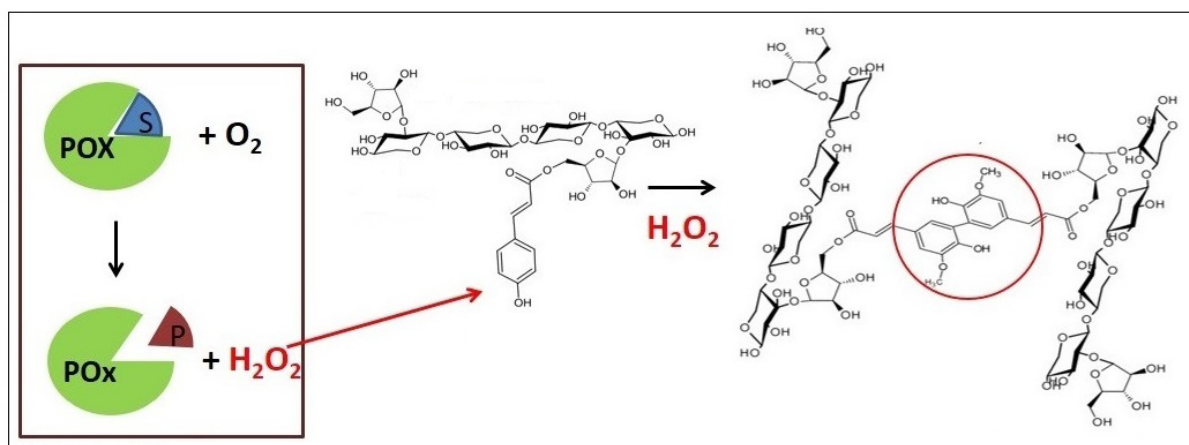


Figure 2. A possible mechanism of the effect of enzyme treatment on the formation of the arabinoxylan network (POx – pyranose oxidase; S (substrate) – mono- and disaccharides; P (product) – dicarbonyl derivatives) [15]

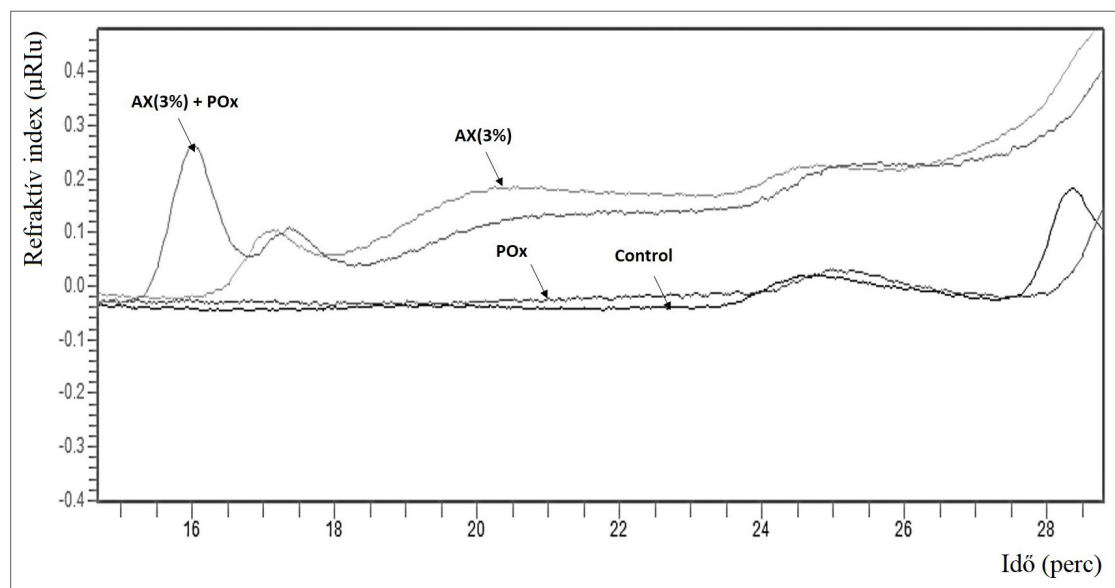


Figure 3. Examination of the enzyme treatment and the formation of the arabinoxylan network using the SE-HPLC method on a whole grain millet sample (AX – arabinoxylan; POx – pyranose-oxidase) [15]

Irritable bowel syndrome, which can be classified as a disorder affecting the digestive system, can be associated with the consumption of short-chain carbohydrates whose collective name is FODMAP [16]. In the past period, we have focused on mapping these in cereals, the qualitative and quantitative analysis of them can be solved using liquid chromatography methods.

There are many plant-based foods that can be considered high risk in terms of FODMAP content. Most of the cereals can be classified here, but we know almost nothing about the genetic and environmental variability of the FODMAP content of cereals. In recent years, during research work with our partners in the breeding and milling industry, we have begun to develop analytical methods suitable for the determination of these components in cereals. As a result, with adapted and improved methods, we are now able to provide information on the small molecular carbohydrate composition of different grain species and varieties, as well as different milling fractions. This enables mapping the quantitative and qualitative variability of these components. (Related project: 2017-1.3.1-VKE-2017-000)

4. Examination methods of plant proteins

The classification of plant proteins is traditionally based on the Osborne fractionation, which separates individual proteins according to their solubility. Although this does not always mean homogeneous groups in terms of function, size and composition, so, for example, in the case of cereal proteins, other classification including other aspects has also been developed. [17, 18]

In our group, we mainly deal with the understanding of the techno-functional properties of different proteins, and with the characterization and development of the analytical environment of proteins which are critical in food safety aspect. We mainly use liquid chromatography methods based on size exclusion and reversed-phase separation to examine the protein composition.

In case of wheat, the number of sources related to protein composition available in the literature is large, but interestingly the amount of knowledge about very similar and closely related grains (e.g. rye, barley, oat) is much smaller. Therefore, dealing with these kind of grains is a much more difficult task in our research, because we can rely less on the methods and data described in the literature. So the interpretation of the results and the identification of the obtained chromatographic peaks are often difficult due to the lack of knowledge. The development and application of liquid chromatography methods takes place in parallel with the mapping of the detailed compositional, rheological and technological behaviour of oats and rye. As a result, we can get a more detailed picture of the protein composition and its variability of these grains (Figure 4). [19] (Related project: 2017-1.3.1-VKE-2017-000)

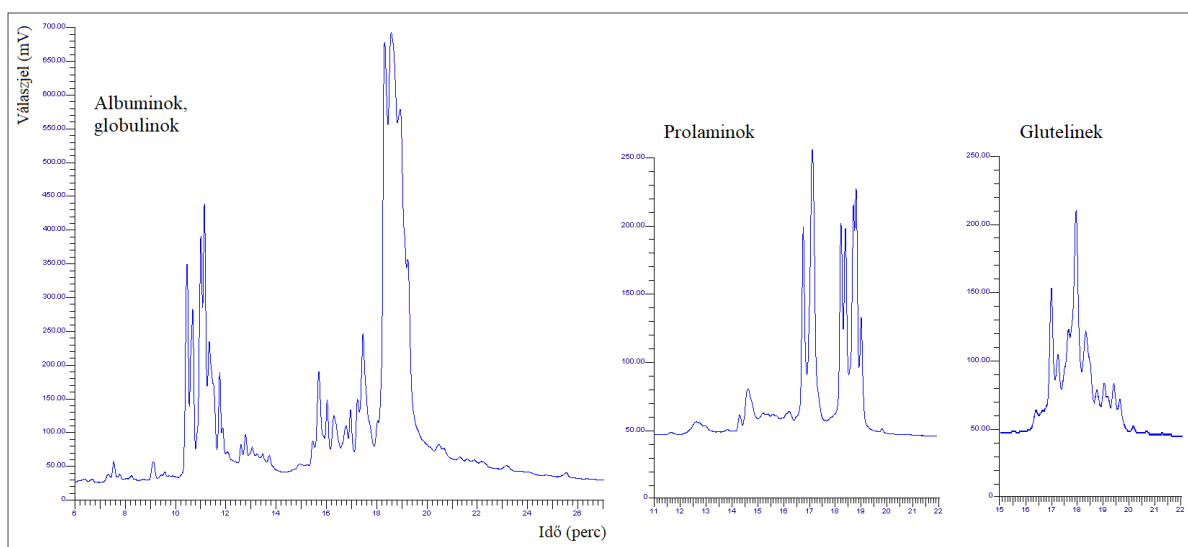


Figure 4. Profile of oat proteins separated by Osborne fractionation and reversed-phase liquid chromatography (own figure)

However, we can use these methods not only for the characterization of raw materials. When developing products with appropriate technological characteristics, it is essential to understand the interactions between the components in the dough system. The researches at our department has contributed to understanding of the gluten complex formation [20]. But there are still many questions about the relationship between proteins and carbohydrates, the role of fibres and the integration of molecules added from an external source into the dough system. Understanding the exact mechanism of them is essential for product development aimed at improving technological properties, and chromatographic methods can be a good tool for it. They are well suited for monitoring the effect of various technological treatments in product development as well. An example of this is the examination of the effects of the kneading, dough rising and baking steps, as well as the arabinoxylan addition in terms of protein composition in gluten-free product development. [21] (Related project: OTKA ANN-114554)

Last, but not least, components critical to food safety (e.g. proteins that cause celiac disease) can also be examined with the help of separation techniques. The lack of reference materials is a serious problem with regard to the reliability of analytical methods suitable for detecting/determining gluten contamination. For several years now, we have been working with companies producing immunoanalytical rapid tests and foreign partner research groups to solve this problem. An essential part of the development is the mapping of the genetic and environmental variability of the proteins that cause celiac disease, as well as the changes in the physico-chemical properties of the proteins during food production. The former was mainly investigated using reversed-phase HPLC, while the latter was studied using size-exclusion liquid chromatography. A more detailed analysis of the proteins was first carried out in case of wheat, however, rye and barley proteins are also involved in the disorder, which are currently being investigated in our research group. [22, 23, 24, 25] (Related project: FOODCT-2006-036337)

6. Acknowledgements

We would like to thank all former and current colleagues, PhD students and graduate students who contributed to the expansion of our research group's knowledge of separation techniques. Special thanks to Gábor Balázs and Anna Harasztos, who were key members of the group for a long time, and to whom we owe the development of many methods that are still used today.

We can maintain the financing of the works with the help of numerous research projects and grants, of which the most significant ones of recent years are the following:

- "Exploring of the undefined genetic, compositional and processing potentials of spelt in different environments" OTKA 135211 project
- TKP2021 funding programme, BME-EGA-02 and BME TKP-BIO 2020 projects
- "GalgaGabona project: Developments to improve the conditions of human utilization of oats and rye in terms of food safety, agrotechniques, processing technology and nutritional value" project (2017-1.3.1-VKE-2017-00004)

- “Improving gluten-free dough by a novel hemicellulose network” (OTKA ANN 114554) (FWF I1842-N28)
- “Fundamental study on the structure, rheological and functional properties of model gluten-free dough and products based on modified carbohydrate systems” (TÉT_15-1-2016-006)
- “New aspects in wheat breeding: improvement of the bioactive component composition and its effects” (OTKA 11279)(FWF-I1842-N28)
- “Vállalatok K+F+I tevékenységének támogatása: Minőségorientált komplex ipari termelési rendszer és modell kifejlesztése, új módosított keményítő kialakítása, illetve új rostalapú feldolgozott termék hasznosításának kutatása” című projekt (GINOP-2.1.1-15)
- “Health Promotion and Tradition: Development of raw materials, functional foods and technologies in cereal-based food chain” (TECH_08_A/2-2008-0425)
- “Development of quality oriented, harmonized educational and R+D+I strategy and operational model at the Budapest University of Technology and Economics” (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002)
- MoniQA Network of Excellence (FOOD-CT-2006-036337)

5. References

- [1] Goesaert H., Brijs K., Veraverbeke W.S., Courtin C.M., Gebruers K., Delcour J.A. (2005): Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology* **16** (1-3) pp. 12-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>
- [2] Khan K., Shewry P.R. (2009): *Wheat: Chemistry and Technology*. 4th ed. AACCI International, Inc.
- [3] Gray J.A., Bemiller J.N. (2003): Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2** (1) pp. 1-21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- [4] McCleary B.V., Charnock S.J., Rossiter P.C., O’Shea M.F., Power A.M., Lloyd R.M. (2006): Measurement of carbohydrates in grain, feed and food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **86** (11) pp. 1648-1661. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2497>
- [5] McCleary B.V., Charmier L.M.J., McKie V.A. (2018): Measurement of Starch: Critical Evaluation of Current Methodology. *Starch – Stärke* **71** (1-2) 1800146. <https://doi.org/10.1002/star.201800146>
- [6] Jaksics E., Paszerbovics B., Egri B., Rakszegi M., Tremmel-Bede K., Vida Gy., Gergely Sz., Németh R., Tömösközi S. (2020): Complex rheological characterization of normal, waxy and high-amylose wheat lines. *Journal of Cereal Science* **93** 102982 pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102982>
- [7] Fekete D. (2021): A fajtahatás vizsgálata a búzakeményítő előállítás laboratóriumi modellezése során nyert termékekben. *MSc Diplomamunka*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- [8] Saulnier L., Sado P.-E., Branlard G., Charmet G., Guillon F. (2007). Wheat arabinoxylans: Exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *Journal of Cereal Science* **46** (3) pp. 261-281. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.014>
- [9] 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.012>
- [10] Tremmel-Bede K., Szentmiklóssy M., Tömösközi S., Török K., Lovegrove A., Shewry P.R., Láng L., Bedő Z., Vida Gy., Rakszegi M. (2020): Stability analysis of wheat lines with increased level of arabinoxylan. *PLoS ONE* **15** (5) pp. 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232892>
- [11] Szentmiklóssy M., Török K., Pusztai É., Kemény S., Tremmel-Bede K., Rakszegi M., Tömösközi S. (2020): Variability and cluster analysis of arabinoxylan content and its molecular profile in crossed wheat lines. *Journal of Cereal Science* **95** 103074 pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103074>
- [12] Bender D., Nemeth R., Cavazzi G., Turoczi 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.035>
- [13] 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.036>

- [14] 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103292>
- [15] 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.036>
- [16] Ispiryan L., Zannini E., Arendt E.K. (2020): Characterization of the FODMAP-profile in cereal-product ingredients. *Journal of Cereal Science* **92** 102916. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102916>
- [17] Osborne, T. B. (1907): *The protein of the wheat kernel*. Publication No. 84. Carnegie Institute: Washington, DC
- [18] Shewry P.R., Halford N.G., Lafiandra D. (2003): Genetics of wheat gluten proteins, *Advances in Genetics* **49** pp. 111–184. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(03\)01003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(03)01003-4)
- [19] Járó K. (2021): Különböző zab minták fehérjeösszetételének jellemzése nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiásmódszerekkel. *MScDiplomamunka*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- [20] Lásztity R., Békés F., Örsi F., Smied I., Ember-Kárpáti M. (1996). protein-lipid and protein-carbohydrate interactions in the gluten complex. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering* **44** (1-2) pp. 29-40.
- [21] Németh R. (2019): Sütőipari minőség meghatározására alkalmas műszer- és módszerfejlesztések és alkalmazásuk búzaalapú és gluténmentes modelltermékek vizsgálatára. *Doktori értekezés*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- [22] Török K., Hajas L., Bugyi Z., Balázs G., Tömösközi S. (2015). Investigation of the effects of food processing and matrix components on the analytical results of ELISA using an incurred gliadin reference material candidate. *Acta Alimentaria* **44** (3) pp. 390–399. <https://doi.org/10.1556/AAlim.2014.0018>
- [23] Hajas L., Scherf K.A., Török K., Bugyi Z., 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.005>
- [24] Schall E., Scherf K.A., Bugyi Z., Hajas L., Török K., Koehler P., Poms R.E., D'Amico S., Schoenlechner R., Tömösközi, S. (2020): Characterisation and comparison of selected wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their blends to develop a gluten reference material. *Food Chemistry* **313** 126049. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126049>
- [25] Schall E., Scherf K.A., Bugyi Z., 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** 906. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00906>

„Ahogy a csillag megy az égen” – egy infravörös fényírda élete

Ne légy szeles.

*Bár a munkádon más keres –
dolgozni csak pontosan, szépen,
ahogy a csillag megy az égen,
ugy érdemes.*

József Attila

(1905-1937)

Kulcsszavak: infravörös spektroszkópia, sokváltozós adatelemzés, képkalkotás

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Ma már a felhasználók céljainak megfelelően számos lehetőség közül választhatnak, ha a rezgési spektroszkópia eszköztárához fordulnak kérdéseik megválaszolása során. Ez a sokféleség megmutatkozik a készülékek felépítésében, mintakezelésében, méréstechnikájában. Elég, ha a bejövő nyersanyag raktárakban helyszíni méréseket lehetővé tevő, kézben hordozható (ún. handheld), vagy a minőséget ellenőrző laborok asztali (ún. bench-top), vagy a gyártási technológiák in-/on-line műszereire gondolunk. Emellett a kémiai képkalkotó (chemical imaging, CI) technikák is teret nyertek. A hardverek szolgáltatotta infravörös spektrumok seregébe olyan matematikai, statisztikai, kemometriai módszerek lehelnek életet, amelyek a nagy adathalmazokban (big data) rejlő információk kinyerésére képesek. A cikkben az elmúlt 25 év egy-egy példáját felvillantva nyomon követhető az infravörös technikák fejlődése, beágyazottsága az akadémiai kutatásoktól a mezőgazdasági, ipari alkalmazásokig – de nem csak a gépeken, hanem az embereken is keresztül.

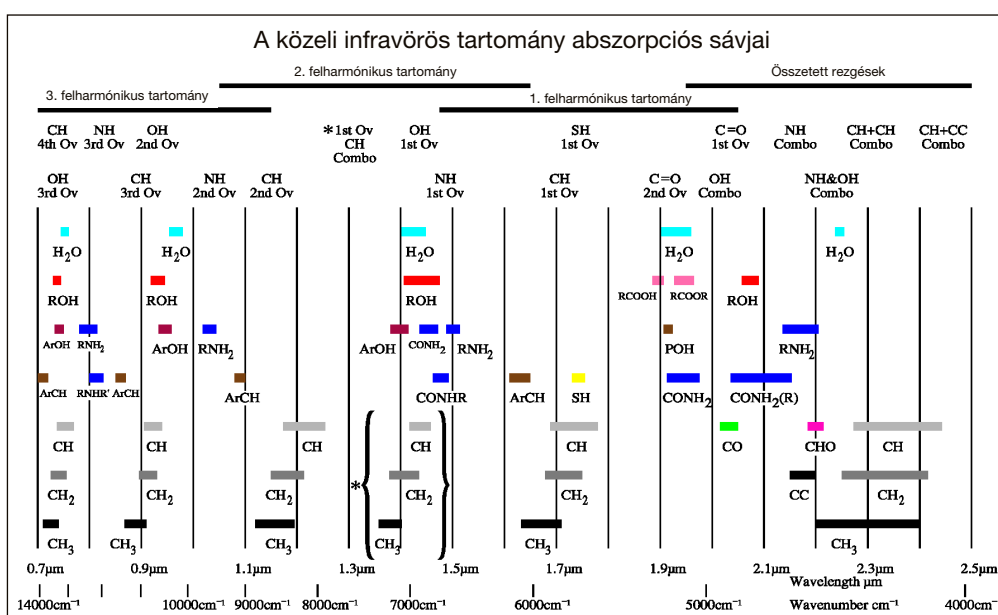
¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, NIR Spektroszkópia Csoport

2. Bevezetés

Fiatal felnőttként a győri „fényírok fesztiválja” [1] sok-sok jó emléket hagyott bennem. A közeg fényekből, hangokból – azaz hullámokból – állt, keltett érzetet, és nyitott ablakot egy-egy addig új, ismeretlen világra, jobban megértve azt. Kis kutatócsoportunkban mi is efelé törekszünk: az elektromágneses sugárzás infravörös tartományának segítségével – mint Sir William Herschel [2, 3] óta annyian [4, 5] – igyekszünk megérteni a vizsgált anyag kémiai (és sokszor fizikai [6, 7, 8]) történetét a hullámok és a vizsgált matéria kölcsönhatásán keresztül.

2.1. Jellemző NIR elnyelési sávok

A roncsolásmentes, mintaelőkészítést nem, vagy csak kismértékben igénylő molekula- (avagy rezgési) spektroszkópia vöröshöz közelebb eső, úgynevezett közeli infravörös (*near-infrared*, NIR) szeptében majd minden jelet ad, ami egy biológiai rendszer vizsgálatához szükségeltetik (1. ábra). Az éltető víz az O–H csoportjai; a szerkezeti vagy tartalék fehérjék az aminosavak közti peptidkötések C=O és N–H csoportjai, illetve az oldalláncaik; a lipidek a telített (C–C) vagy telítetlen (C=C) szénkötéseik, illetve nagyszámú metil (–CH₃) és metilén (–CH₂–) csoportjaik C–H rezgésein keresztül „jelnek”, elnyelve a rájuk jellemző hullámhosszú fotonokat, így kerülve magasabb energiaszintre. A szénhidrátok, mint polihidroxi-oxovegyületek kicsit öszvérek: az előzőekben felsorolt csoportok rezgése (O–H, C=O, C–H) együttesen szólnak meg.



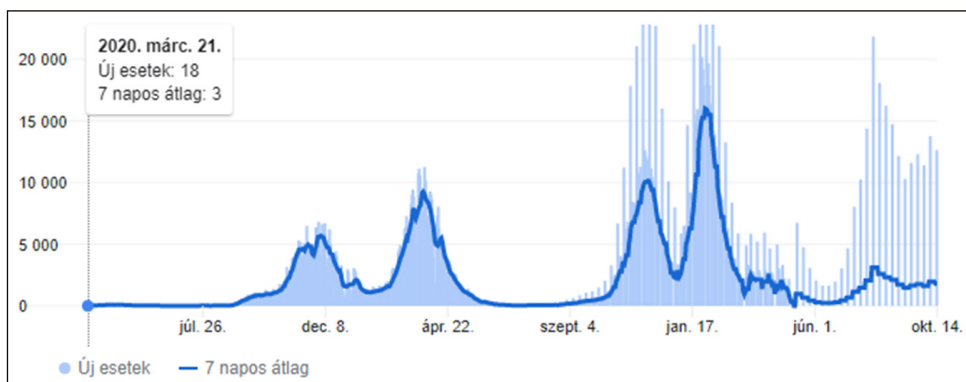
1. ábra. Csoportok elnyelése a közeli infravörös tartományban [6]

2.2. Sokváltozós adatelemzés a NIR technikában

És ezzel el is jutottunk interdiszciplinális tudományunk területei közül a (N)IR spektroszkópia után a sokváltozós adatelemzéshez (*multivariate (data) analysis*, MV(DA)), a kemometria, a statisztika (azaz közös nevezőként a matematika) varázslatos világához – amit jó papként folyamatosan tanulunk Kemény Sándor és Héberger Károly tanár uraktól, még mindig ámulva tudásukon, tapasztalataikon, pedagógiai érzékükön (*a BME tanárai*. A Szerk.) [9, 10]. Ezen tudományok szükségessége területünkön két fő forrásból eredeztethető.

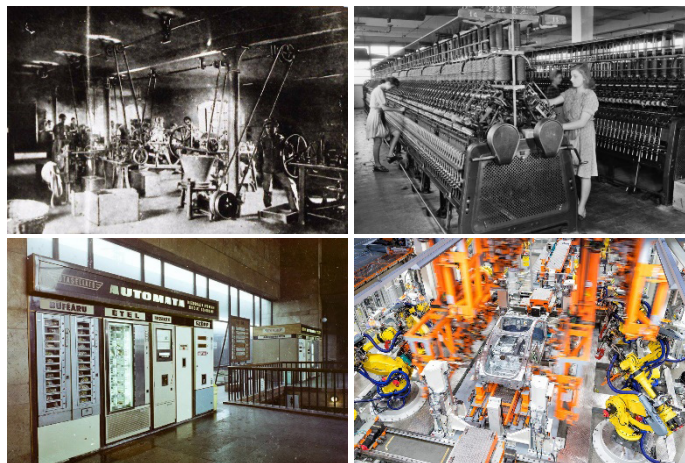
Először is, az előzőekben felsorolt makrokomponensek (a mikrokomponensekkel kiegészülve) adják az egészet, az élő. Tanszékünk profilját tekintve főként ezeket az összetett (növényi, állati, humán) rendszereket „as is” („ahogy van”) vagy feldolgozott formában (termények, élelmiszerek, szövetek) vizsgálva mindig összetett, burkológörbe jellegű spektrumokat kapunk. Ezek elemzése (például a spektrumok csúcsainak azonosítása, avagy asszignációja) elképzelhetetlen mozgó átlagokkal való simítások, deriváltakkal érzékenyített csúcsfelbontások, vagy normálásokkal kiküszöbölt alapvonal-eitolódások nélkül. Egy másik szakterületről példaként említem a SARS-CoV-2 vírus okozta pandémia esetszámainak diagramját, ahol a járvány adatainak változása a mozgóátlagok ábrázolásával jól követhető információt nyújtott az aktuális járványhelyzetről (2. ábra).

Másodsor, a spektrumalapú azonosítás, vagy a minőségi, illetve mennyiségi modellek építése is igénybe veszi a matematikai eszközparkot: esetenként csak egy-egy korrelációs számításra, máskor komolyabb vektoralgebra, vagy mátrixokkal való műveletekre van szükség.

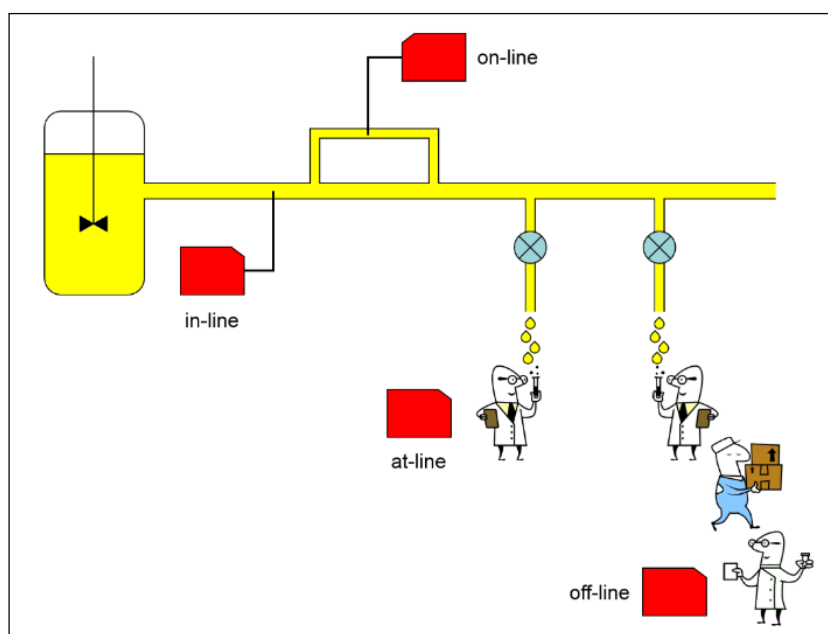


2. ábra. COVID-19 új esetek – a kapott adatok (oszlopok formájában) és az a bizonyos 7 napos mozgó átlag (vastag vonalként) [11, 12]

Talán az előzőekből is kiviláglik: az Ipar 4.0 (**3. ábra**), a körforgásos gazdaság korát élve [13], akár a precíziós mezőgazdaság, akár a tudásalapú technológiákat felhasználó élelmiszeripar, akár a PAT és QbD szemléletben formálódó gyógyszeripar fő eszközeiként a roncsolásmentes spektroszkópiai szenzorok (*non-destructive spectroscopic sensors*, NDSS) kerülnek előtérbe – legyen szó csövekbe építhető száloptikás mérőfejekről (**4. ábra**), vagy futószalagok fölé szerelhető, UV/Vis/NIR tartományokban mérő kamerákról.

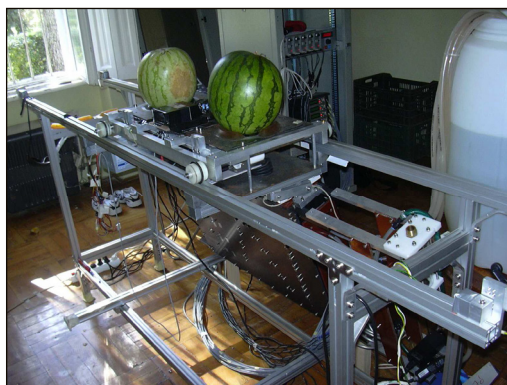


3. ábra. Győr vs. Ipar 1.0: gyufagyár, 2.0: lenszövő, 3.0: étel-ital automata, 4.0: autógyár [14, 15, 16, 17]



4. ábra. A mintavétel és a mérés helyének relációi [18]

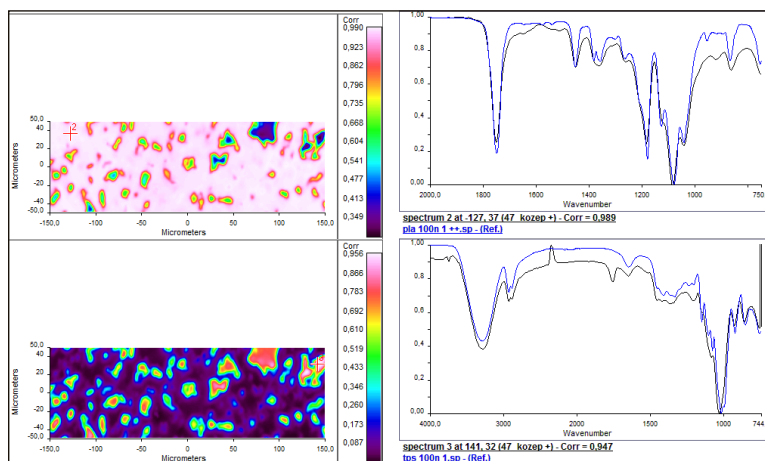
A gyakran felmerülő „Mi van a mintában?” kérdésre a még roncsolásmentes, de már a megfelelő behatolóképeséghez (penetrációhoz) megfelelő energiájú NIR fotonok sokszor segítettek: akár csomagolóanyagokon keresztül történő vizsgálatokhoz, akár kisebb-nagyobb méretű, zöld mintákba (görögdinnyébe, algába) való betekintéshez. Előbbire azért van szükség, mert számos helyen dolgoznak olyan egészségkárosító anyagokkal, melyeket a felhasználásuk előtti azonosításához, minősítéshez a csomagolóanyagból ki kell venni. Emiatt olyan modellrendszereket hoztunk létre, ahol a műanyagok elnyelésének mértéke detektálható, majd változó-szelekcióval és/vagy matematikai kezelésekkkel hatásuk csökkenthető. [39] Természetesen kollégáinknak is segítünk, ahol tudunk, szakterületünkön. Maák Pál (BME TTK, Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék) és kollégái olyan prototípust építettek (6. ábra), melyben NIR lézerekkel mérhető a görögdinnye cukortartalma – amely külföldi kutatók alma, kivi és narancs elemzési módszereihez képest a mérés érzékenységét tekintve nagyságrendi ugrás. Itt a cukor abszorpciós csúcsainak kimérésében, a hullámhosszak – közvetve a lézerek kiválasztásában – nyújtottunk támogatást. [40] Németh Áron (BME VBK ABÉT, Fermentációs Kísérletiüzemi Laboratórium) és munkatársainak pedig algafajok kiválasztásában, a kis léptékű tenyésztések körülményeire adott termékkivonatokra (azaz fajlagos lipidmennyiségekre, mint biodízelek forrásaira) tudtunk közép- (azaz analitikai) infravörös tartományban megoldást kínálni. [41] Az integrációt nem csak tanszéken és egyetemen belüli kutatócsoportok szintjén, de hazai és nemzetközi egyetemek, kutatóintézetek közt is igyekszünk fenntartani szakmai és pályázati tevékenységeinken keresztül, keresve az általunk használt spektroszkópiai technikák újabb felhasználási lehetőségeit. [42]



6. ábra. Görögdinnye cukortartalmát mérő, NIR technológián alapuló prototípus [43]

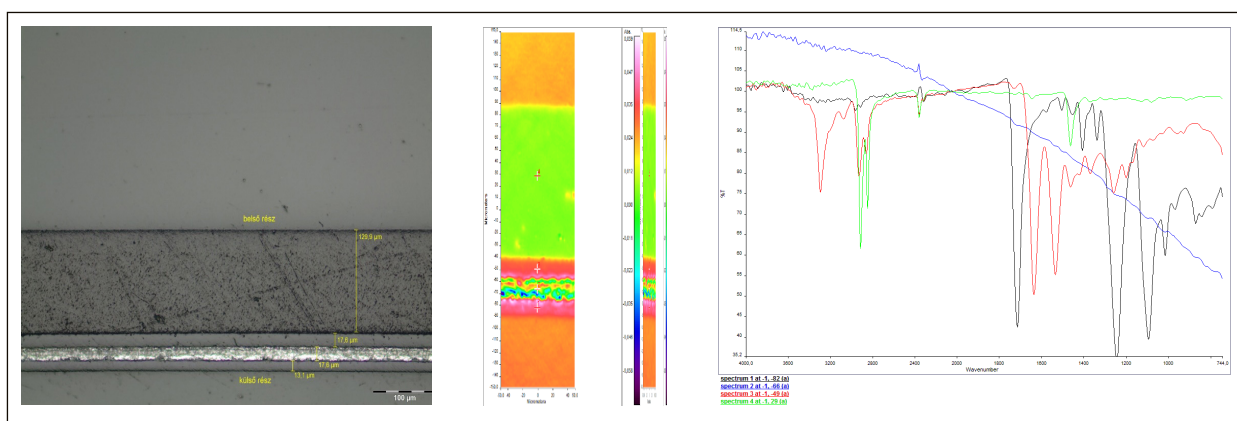
Az integráció nemcsak ember-, de adatszoportok közt is létrejöhet. Ahogy 2005-6-ban bemutattuk, hogyan lehet optikai NIR spektrumokat és reológiai viszkozitás görbéket összefésülni, [44, 45] úgy 15 év múltán is dolgozunk az adataegyesítés (*data-fusion*) újabb megoldásain Hanzelik Pál Péterrel – ki a nagyipari háttérrel (MOL Nyrt.) képviseli koordinációjával és aktív részvételével [46] – és Nagy Zsombor Kristóffal – ki a BME-FIEK keretén belüli kapcsolódást lehetővé teszi, és kutatócsoportunkat emellett a Pharmatech Gyógyszertechnológiai Laboratórium munkáiba is bevonja. Hasonlóan több évre visszatekintő, gyümölcsöző együttműködés alakult ki Bredács Mártonnal – ki a Leobeni Egyetemmel szorosan együttműködő polimer kiválósági központ (PCCL) oszlopos tagja – a műanyag hulladékok multiszenzoriális – azaz több spektroszkópiai érzékelőt (Vis, NIR, Raman) alkalmazó – szelekciójában, minősítésében. [47]

A tanszéki csoport életében jelentős mérföldkő volt a képalkotó (*imaging*) technika megjelenése. A 2000-es évek elejétől nemzetközi konferenciák előadásai, kiállítói és a területen szaporodó publikációk mutatták, hogy a „kommercializálódás” (azaz a prototípusok, kis szériák után a sorozatgyártás, szélesebb spektrumú kereskedelmi forgalomba kerülés) megkezdődött. Maradva korábbi kutatási irányaink mellett vizsgáltunk növényi magvakat is, [48] de emellett egy klasszikusabb humán vonal is körvonalazódott Kontsek Endre és Pesti Adrián (egykori tanítványaink, ma az SE Patológiai, Igazságügyi és Biztosítási Orvostani Intézet munkatársai) kitaró munkájával. A vese- és epekövek vizsgálata után [49] orvosi javaslatra a lágy szövetek, tumorok, rákos sejtvonalak vizsgálata felé fordultunk, [50, 51] bízva abban, hogy a digitális patológia, vagy – távlati célként – az operációk közbeni, valós idejű daganatazonosítás fejlődéséhez hozzájárulhatunk. Sokat köszönhetünk Kállay-Menyhárd Alfrédnek és kollégáinak (időbeli sorrendben Müller Péternek, Tátraaljai Dórának, Hári Józsefnek, Kirschweg Baláznak) a társ-intézetből (BME VBK FKAT Műanyag és Gumiipari Laboratórium), akiktől kapott feladataink a műanyagokkal kapcsolatos mikroszkópos kutatásainkhoz járultak hozzá, legyen szó biológiailag lebontható (azaz biodegradálható) politejsav – termoplasztikus keményítő (PLA-TPS) keverékekről (7. ábra), vagy különböző termékek (ragasztók, fóliák, orvosi eszközök, elektromotor bevonatok) hibaanalitikájáról vagy az úgynevezett fordított mérnökségről (*reverse engineering*).



7. ábra. Politejsav - termoplasztikus keményítő (PLA-TPS) keverék eloszlásvizsgálata IR képalkotás alapú korrelációs térképeken (balra) a referencia anyagok spektrumai (jobbra, kék színnel; fent: PLA, lent: TPS) segítségével [52]

A hibaanalitika területén Gordon Péter és lelkes csapata (BME VIK ETT EFI-labs) megkerülhetetlen tényező: minta-előkészítései, dokumentációik nem csak az előzőekben felsorolt képalkotói feladatainkat, hanem például a rétegelt csomagolóanyagok keresztmetszeti vizsgálatait (8. ábra) is nagymértékben segíti.



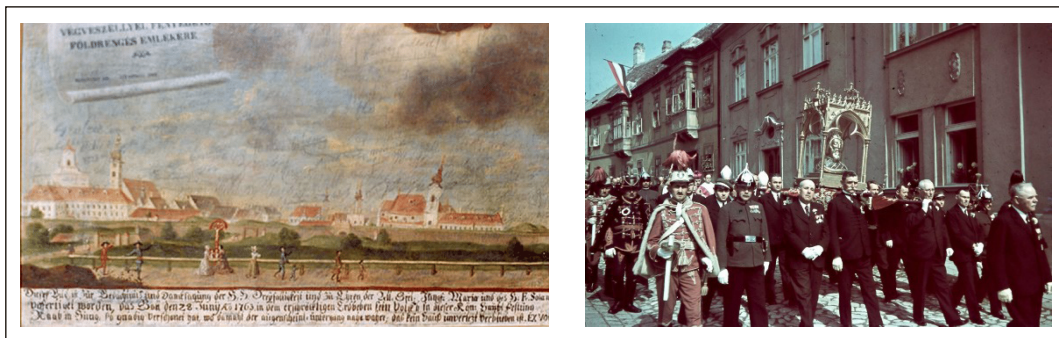
8. ábra. Többrétegű élelmiszer-csomagolóanyag („chips-es zacskó”) keresztmetszeti képe látható (balra) [53] és IR (középen) mikroszkóppal, valamint az egyes rétegekben kijelölt pontok IR spektrumai [54]

Még mindig a műanyagoknál maradva: napjainkban környezetvédelmi vonatkozásuk kapcsán a mikroműanyagok úgy a hétköznapi, mint a tudományos hírek gyakori szereplői. Az élettelen környezet szennyezésén keresztül a táplálékláncba bejutó mikroműanyagok (és az általuk megkötött kémiai anyagok) egészségkárosítók is lehetnek. Bordós Gáborral és kollégáival (Wessling Hungary Kft.) együttműködve metodikát dolgoztunk ki az infravörös tartomány ez irányú alkalmazásaira is, amellyel különböző típusú vizeink monitorozhatók. [55, 56]

Ahogy az előző példában is, mindig visszajutunk az emberhez. És ha a betegség bekövetkezett, a nyugati orvoslásban jön a gyógyszerek alkalmazása. A tablettát – és mint minden hasznos dolgot –, a gyógyszereket is hamisítják. Horgos Józseffel (Wessling Hungary Kft.) kezdtük el ezt a területet feltérképezni, [57, 58] később a hatósági részről Lohner Szilviától (OGYÉI) kaptunk vizsgálati anyagok formájában támogatást. De nem csak a hamisítást, hanem a technológiai eredetű meg(nem)felelőséget, illetve a formulálás fejlesztéseihez kialakított modellrendszereket is vizsgálhatjuk az összetevők megléte, eloszlása tekintetében. Cél egy olyan gépi látás, ami az UV és a Vis mellett a NIR tartományban is minősít, modellek alapján hatóanyag-kioldódást becsül. [59, 60]

A becslés tekintetében az egyik legszebb kihívás a földrendések előrejelzése. Ha visszaemlékezünk az 1763. június 28-i, Komáromot, Győrt, Zsámbékot megrengető, 6,3 magnitúdójú, 63 fő életét követelő földrengésre, aminek hatására elrendelték Szent László hermájának Győr városában körbe vitelét a további földrengések elkerülése végett (9. ábra), akkor a kontextus világosabb. [61] Hálásan tekintek Kovács István János és kollégáival való együttműködésre, kik az ELKH Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetének, illetve az ELTE TTK Litoszféra Fluidum Kutató Laboratóriumának tagjai.

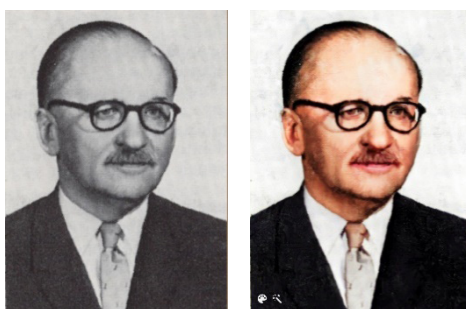
Szilárd anyagokat és folyadékokat keverék, oldat vagy épp kolloid formában, gyakran élővé szerveződve, komplex biológia rendszerek képében – ahogy az eddigi példákban ez idáig is olvasható volt – sokszor és sokat mérünk, de a gázok („mozgékony illók”) eddig kimaradtak. Most sem miénk a mérés érdeme: geológus kollégák alkották meg az ún. litoszféra-fizika egységet (Közép-Európa első integrált geodinamikai állomását), [62] mellyel mért IR spektrumok (és egyéb adatok) idősoros elemzése rendkívül izgalmas. Azonban a megválaszolandó kérdést se feledjük: mi látszik a talaj CO₂-szintjének változásaiban, amely fluidumként árapály mozgást is mutat – és tán hirtelen felpeszsdül a lemezmozgásoknak köszönhetően. Esetleg előjele lehet az afrikai és európai lemezek egymásnak feszüléséből kipattanó földrengéseknek? A nagy „kirakósjáték” része a kőzetek által csapdázott fluidumok elemzése is, amelyek vizsgálatában mikroszkópos háttérünkkel tudunk segíteni. [63]



9. ábra. A földrengés emlékére készült győri fogadalmi kép a megdőlt tornyokkal (balra) [64] és az 1939. évi Szent László napi körmenet a hermával [65]

A Tanszékünkön folyó munkáról alkotott kép nem lenne teljes, ha nem ejtenék néhány szót a lineáris és nem-lineáris összefüggések kutatásáról. Ami az életben: az érzékszerveinkkel (mint perifériákkal) ellátott idegrendszerünk tanulás útján nemlineáris megoldásokkal segít túlélni a mindennapok kihívásait. A gépek nyelvén: multiszenzorokkal ellátott mesterséges idegrendszer (*artificial neural network*, ANN) gépi tanulás (*machine learning*, ML) útján nemlineáris megoldásokkal működtet döntési fákat.

Mit szólna mindezekhez Telegdy-Kováts László (Galgóc, 1902. december 5. – † Budapest, 1987. május 11., vegyészmérnök, egyetemi tanár) (10. ábra), kiről így emlékezik meg a CSEMADOK: „A nyitrai gimnáziumban érettségizett 1919-ben. A budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán 1925-ben szerzett mérnöki oklevelet. Sigmond Elek (1873–1939) vegyészmérnök és agrogeológus professzor tanársegéde lett a műegyetemen, ahol kezdetben talajbiológiával foglalkozott. Az 1920-as évek végén hosszabb ideig Angliában dolgozott, ahol megismerkedett a matematikai-statisztika és kísérlettervezés modern módszereivel is. 1935-ben érdeklődése az élelmiszerkémia felé fordult, kutatóként és minisztériumi tisztviselőként is az élelmiszeripari technológia irányítása és fejlesztése lett tevékenységének a fő tárgya. 1950-ben a budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karának Élelmiszerkémiai Tanszékére nevezték ki professzornak. Mérnökök nemzedékeit nevelte fel. Az élelmiszerminőség elméleti és gyakorlati kérdéseiről írt dolgozatai mindmáig aktuális gondolatokat fogalmaznak meg. Újszerű élelmiszeranalitikai eljárások kidolgozása is fűződik a nevéhez. Figyelme kiterjedt az élelmiszerek csomagolástechnikájára is. Fontos feladatának tartotta a tudományos ismeretterjesztést, éveken át a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) elnöke volt” [66]. Reméljük, egyetértően bólintana [67]. A 10. ábrán azt kívánjuk szemléltetni, hogy az optika területén milyen technikai lehetőségekre nyílik lehetőség a mesterséges intelligencia alkalmazása révén [67].



10. ábra. Telegdy-Kováts László portréja fekete-fehéren (balra), [68] illetve gépi tanulás alapján színeztve (jobbra) [69]

4. Zárszó és köszönetnyilvánítás

Kutatócsoportunk felfedező biomérnök természetében ötvöződnek szakirányaink (az alkalmazott biotechnológia, az egészségvédelmi, az élelmiszerminősítő és a környezetvédelmi specializációk) attribútumai, amelyekről e cikk keretein belül egy-egy képet fel tudtunk villantani. Reméljük, hogy jó érzetet keltettünk egy-egy ablakot kinyitva, miközben a film forog tovább...

* * *

Mindenek előtt köszönet illeti Salgó Andrást, a NIR Spektroszkópiai Csoport atyját: ha ő nincs, mi sem vagyunk. Ahogy azok nélkül sem, kik éveken keresztül doktoránsként és/vagy kollégaként léptek be anno a K.II.3. vagy mostanság a Ch 165 aiján, nevesül (tán időrendben) Sárossy Gábor, Juhász Réka, Gelencsér Tímea, Hódsági Mária, Izsó Eszter, Berceli Mónika, Párta László, Szabó Éva, Kozma Bence, Besenyő Gabriella, Slezsák János. Az elmúlt 25 évben sok-sok erőt, biztatást, példát kaptam még a „csoportalkotókon” túl Tömösközi Sándortól – utóbbi megértő türelmével és bennem való bizodalomával készülhetett el eme számvetés, pillanatkép is. Remélem, a csoportunkban megfordult kollégák, hallgatók is olyan jó szívvvel gondolnak ránk vissza, ahogy mi is rájuk – köszönjük a munkával közösen eltöltött időt, mi is sokat tanultunk.

Köszönetet mondok Nógrádi Sándornak és Tóth Gézának (†) (Servitec Kft.), akikkel megtapasztalhattuk a mezőgazdasági és élelmiszeripari felhasználások mellett a NIR spektrométerek hálózatépítési lehetőségeit, és betekintést kaphattunk a gyógyszeripar alkalmazásokba, valamint Lipták Miklósnak és Varju Sándornak (PER-FORM Hungária Kft.), hogy az analitikai IR és a mikroszkópos technikák elérése révén tágitották szemléletünket és lehetőségeinket, ezzel megnyitva az utat számos akadémiai, kutatóintézeti és ipari partneri együttműködés felé.

Keresztapám emlékének

5. Irodalom

- [1] Nemzetközi Vizuális Művészeti Alapítvány: MEDIAWAVE ARCHÍVUM – 1991-2019. www.mediawavefestival.hu
- [2] Davies, A.M.C.: William Herschel and the discovery of near infrared energy. *NIR news* **11(2)** 3, 5 (2000). <https://doi.org/10.1255/nim.556>
- [3] Millman, P.M.: The Herschel Dynasty - Part I: William Herschel. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* **74(3)** 134–146 (1980). <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1980JRASC..74..134M>
- [4] Norris, K.H.: History of NIR. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **4(1)** 31–37 (1996). <https://doi.org/10.1255/jnirs.941>
- [5] McClure, W.F.: 204 Years of near infrared technology: 1800–2003. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **11(6)** 487–518 (2003). <https://doi.org/10.1255/jnirs.399>
- [6] Murray, I.: Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. In *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference*. Edited by Davies, A.M.C. & Garrido-Varo, A., NIR Publications, Chichester, ISBN 0 952866 4 1, pp. 1–12 (2004). https://www.impopen.com/book-summary/978-1-906715-23-6_ch1
- [7] Dahm, D.J. & Dahm, K.D.: The Physics of Near-Infrared Scattering. In *Near-Infrared Technology in the Agriculture and Food Industries*, Edited by Williams, P. & Norris, K., American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, ISBN 1-891127-24-1, pp. 1–17 (2004).
- [8] Gergely, S.; Slezsák, J.; Salgó, A.: Monitoring the change in particle size of dried egg-pasta due to different grinding parameters by diffuse reflection near-infrared spectroscopic techniques. In *1st sensorFINT International Conference: Non-Destructive Spectral Sensors Advances and Future Trends. Book of Abstracts*. Edited by Sandak, A., Sajinčič, N., Fábrián, G. & Pérez-Marín, L., Innorenew CoE, Izola, Slovenia, ISBN 978-961-293-153-7, pp. 50–51 (2022). <https://doi.org/10.26493/978-961-293-153-7>
- [9] Borosy, A.P., Héberger, K., Horvai Gy., Kolossváry, I., Lengyel, A., Paksy, L., Rajkó, R. & Szepesváry, P.: Sokváltozós adatelemzés (kemometria). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN 963 19 2114X (2001).
- [10] Kemény, S., Pusztai, É., Lakné Komka, K., Deák, A., Mihalovits, M., Bodnár-Kemény, K.: A 6 szigma statisztikai eszközei. Typotex Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-4931-23-2 (2021).

- [11] Google Ireland Limited: Koronavírus-betegség 2019. <https://g.co/kgs/pxPPN8>
- [12] Dong, E., Du, H. & Gardner, L.: An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet Infectious Diseases* **20(5)** 533–534 (2020). [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1)
- [13] Király, O.: Ipar 4.0 avagy beléptünk a jövőbe – 5 fogalom, ami segít az eligazodásban. (2017) http://konzervtelefon.blog.hu/2017/07/12/ipar_4_0_avagy_beleptunk_a_jovobe_5_fogalom_ami_segit_az_eligazodasban
- [14] Lengyel, A.: A Győri Gyufagyár (Várostarténeti puzzle, 8. rész). (2015) <https://www.gyoriszalon.hu/news/2375/61/>
- [15] FORTEPAN / id. Konok Tamás: Magyarország, Győr – képszám: 43348. (1951) <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=43348>
- [16] FORTEPAN / Bauer Sándor: Magyarország, Győr, vasútállomás – képszám: 109843. (1975) <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=109843>
- [17] Stefan Warter / Audi AG: The 6th Model from Győr: Audi Q4 Manufactured by Audi Hungaria. (2017) https://audi.hu/en/news/news/details/517_the_6th_model_from_gyor_audi_q4_manufactured_by_audi_hungaria/
- [18] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2013)
- [19] Gergely, S.; Farkas, K., Forgács, A. & Salgó, A.: Quantitative and qualitative differentiations of alcoholic beverages by near infrared spectroscopy. In *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference*. Edited by Davies, A.M.C. & Garrido-Varo, A., NIR Publications, Chichester, ISBN 0 952866 4 1, pp. 569–572 (2004). https://www.impopen.com/book-summary/978-1-906715-23-6_ch102
- [20] Besenyő, G., Lenkovics, B., Slezsák, J., Szabó, É., Salgó, A., Lugasi, A. & Gergely, S.: Determination of ethanol and methanol content of Hungarian pálinka products by mid- and near-infrared methods. *Acta Alimentaria*, AALIM-S-21-00292 (in progress) (2022).
- [21] Kozma, B., Salgó, A. & Gergely, S.: Comparison of multivariate data analysis techniques to improve glucose concentration prediction in mammalian cell cultivations by Raman spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **158** 269–279 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.06.005>
- [22] Kozma, B., Salgó, A. & Gergely, S.: On-line glucose monitoring by near infrared spectroscopy during the scale up steps of mammalian cell cultivation process development. *Bioprocess and Biosystems Engineering* **42(11)** 921–932 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02091-z>
- [23] Szabó, É., Baranyai, L.Z., Sütő, Z., Salgó, A. & Gergely, S.: Attenuated total reflection fourier transform infrared spectroscopy based methods for identification of chromatography media formulations used in downstream processes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **180** 113060 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.113060>
- [24] Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft.: NIR – a minőségi takarmánygyártás szolgálatában. (2019) <https://www.babolnatakarmany.hu/nir-a-minosegi-takarmanygyartas-szolgalataban/>
- [25] Harari, Y.N.: Sapiens. Az emberiség rövid története. Animus Könyvek, Budapest, ISBN 978 963 324 237 7 (2015).
- [26] Varga, J., Billes, F. & Bartók, Zs.: Rostos és szemcsés élelmiszerek transzmissziós NIR szinképe. (poszter) In *Szakmai hírek II., Élelmiszervizsgáló Közlemények* **34(2)** 123 (1988). https://eviko.hu/Portals/0/ujsagok/Arcivum/1988/2_szam/EPA03135_elelmiszervizsgalati_kozlemenyek_1988_02_118-128.pdf
- [27] Downey, G.: NIR in Budapest. *NIR news* **7(1)** 7 (1996). <https://doi.org/10.1255/nirn.341>
- [28] Salgó, A.: NIR spektroszkópiai alapú gyorsvizsgáló módszerek és azok beillesztése a Pannon búza átvételi rendszerébe. In *A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése*. Edited by Bedő, Z., Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, ISBN 978-963-502-881-8, pp. 95–102 (2008).
- [29] Schmidt, J., Gergely, S., Schönlechner, R., Grausgruber, H., Tömösközi, S., Salgó, A. & Berghofer, E.: Comparison of Different Types of NIR Instruments in Ability to Measure β -Glucan Content in Naked Barley. *Cereal Chemistry* **86(4)** 398–404 (2009). <https://doi.org/10.1094/CCHEM-86-4-0398>
- [30] Gergely, S. & Salgó, A.: Changes in moisture content during wheat naturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **11(1)** 17–26 (2003). <https://doi.org/10.1255/jnirs.350>

- [31] Gergely, S. & Salgó, A.: Changes in carbohydrate content during wheat naturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **13(1)** 9–17 (2005). <https://doi.org/10.1255/jnirs.452>
- [32] Gergely, S. & Salgó, A.: Changes in protein content during wheat naturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **15(1)** 49–58 (2007). <https://doi.org/10.1255/jnirs.687>
- [33] Scholz, É., Prieto-Linde, M.L., Gergely, S., Salgó, A. & Johansson, E.: 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)** 1523–1532 (2007). <https://doi.org/10.1002/jsfa.2878>
- [34] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2012)
- [35] Wrigley, C.W., Tömösközi, S. & Békés, F.: Hungarian-Australian collaborations in flour milling and test milling over 120 years. *Cereal Research Communications* **39** 215–224 (2011). <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.2.5>
- [36] Gergely, S., Handzel, L., Zoltán, A. & Salgó, A.: Near infrared spectroscopy—a tool for the evaluation of milling procedures. In *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 10th International Conference*. Edited by Davies, A.M.C. & Cho, R.K., NIR Publications, Chichester, ISBN 978-1-906715-22-9, pp. 33–37 (2002). https://www.impopen.com/book-summary/978-1-906715-22-9_ch7
- [37] Izsó, E., Bartalné-Berceli, M., Salgó, A. & Gergely, S.: Off-line detection of milling processes of Pannon wheat classes by near infrared spectroscopic methods. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* **10(2)** 207–214 (2018). <https://doi.org/10.3920/QAS2016.1059>
- [38] Izsó, E., Bartalné-Berceli, M., Salgó, A. & Gergely, S.: Monitoring of heat-treated wheat milling fractions by near infrared spectroscopic method. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* **10(1)** 93–102 (2018). <https://doi.org/10.3920/QAS2016.1048>
- [39] Slezsák, J., Szabó, É., Gergely, S. & Salgó, A.: Measuring of food additives via polyethylene foils by NIR spectrophotometers using different optical arrangements. *Acta Alimentaria* **47(1)** 104–112 (2018). <https://doi.org/10.1556/066.2018.47.1.13> <https://m2.mtmt.hu/api/publication/2657548>
- [40] Maák, P., Péter, M., Gergely, S. & Richter, P.: Evaluation of NIR Absorption Spectra of Water-Melon Juices for Sugar Content. (2012) <https://m2.mtmt.hu/api/publication/2657548>
- [41] Kiss, B., Gergely, S., Salgó, A. & Németh, Á.: Investigation of Differences in the Cultivation of *Nannochloropsis* and *Chlorella* species by Fourier-transform Infrared Spectroscopy. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, **62(4)** 388–395 (2018). <https://doi.org/10.3311/PPch.12863>
- [42] CA19145 - European Network for assuring food integrity using non-destructive spectral sensors (SensorFINT). <https://www.cost.eu/actions/CA19145/#tabs|Name:overview>
- [43] Maák, P.: Személyes közlés. (2015)
- [44] Juhász, R., Gergely, S., Gelencsér, T., Salgó, A.: Relationship Between NIR Spectra and RVA Parameters During Wheat Germination. *Cereal Chemistry* **82(5)** 488–493 (2005). <https://doi.org/10.1094/CC-82-0488>
- [45] Salgó, A., Gergely, Sz. & Juhász, R.: Kémiai és fizikai ujjlenyomatok. In *KÖZPONTI ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET, AZ MTA ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KOMPLEX BIZOTTSÁGA és a MAGYAR ÉLELMÉZÉSIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET közös rendezésében 2006. március 2-án tartandó 323. TUDOMÁNYOS KOLLOKVIUM előadásainak rövid kivonata. 295. füzet*. Budapest, p. 7 (2006). <https://metetudastar.wordpress.com/2021/02/20/mta-ekb-mete-keki-tudomanyos-kollokviumok-osszefoglaloi/>
- [46] Hanzelik, P.P., Gergely, S., Gáspár, C. & Győry, L.: Machine learning methods to predict solubilities of rock samples. *Journal of Chemometrics* **34(2)** e3198 (2020). <https://doi.org/10.1002/cem.3198>
- [47] Bredács, M., Barretta, C., Castillon, L.F., Frank, A., Oreski, G., Pinter, G. & Gergely, S.: Prediction of polyethylene density from FTIR and Raman spectroscopy using multivariate data analysis. *Polymer Testing* **104** 107406 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107406>
- [48] Gergely Sz.: A sárkány és a spektrumok – fejtörők az infravörös spektroszkópia világából (Bruckner-termi előadások). *Magyar Kémikusok Lapja* **71(6)** 182–184. https://epa.oszk.hu/03000/03005/00006/pdf/EPA03005_MKL_2016_06_182-197.pdf#page=1

- [49] Gergely, Sz. & Salgó, A.: (Kép)pontról (kép)pontra: az infravörös képalkotás alapjai és biomérnöki alkalmazásai. In *KÖZPONTI KÖRNYEZET- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET, AZ MTA ÉLELMISZERTUDOMÁNYI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁGA és a MAGYAR ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI EGYESÜLET közös rendezésében 2013. november 29-én tartandó 353. TUDOMÁNYOS KOLLOKVIUM előadásainak rövid kivonata*. 326. füzet. Budapest, p. 2 (2013). <https://metetudastar.wordpress.com/2021/02/20/mta-ekb-mete-keki-tudomanyos-kollokviumok-osszefoglaloi/>
- [50] Kontsek, E., Pesti, A., Björnstedt, M., Üveges, T., Szabó, E., Garay, T., Gordon, P., Gergely, S. & Kiss A.: Mid-Infrared Imaging Is Able to Characterize and Separate Cancer Cell Lines. *Pathology & Oncology Research* **26(4)** 2401–2407 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12253-020-00825-z>
- [51] Kontsek, E., Pesti, A., Slezsák, J., Gordon, P., Tornóczki, T., Smuk, G. & Gergely, S. & Kiss, A.: Mid-Infrared Imaging Characterization to Differentiate Lung Cancer Subtypes. *Pathology & Oncology Research* **28** 1610439 (2022). <https://doi.org/10.3389/pore.2022.1610439>
- [52] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2014)
- [53] Gordon, P.: Személyes közlés. (2014)
- [54] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2014)
- [55] Bordós, G., Gergely, S., Háhn, J., Palotai, Z., Szabó, É., Besenyő, G., Salgó, A., Harkai, P., Kriszt, B. & Szoboszlai, S.: Validation of pressurized fractionated filtration microplastic sampling in controlled test environment. *Water Research* **189** 116572 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116572>
- [56] Mária, Á., Bordós, G., Gergely, S., Büki, M., Háhn, J., Palotai, Z., Besenyő, G., Szabó, É., Salgó, A., Kriszt, B. & Szoboszlai, S.: Validation of microplastic sample preparation method for freshwater samples. *Water Research* **202** 117409 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117409>
- [57] Horgos, J.: Infravörös fény a hamis gyógyszerek ellen. (2013) https://index.hu/tudomany/2013/08/12/infravoros_fennyel_a_hamis_gyogyszerek_ellen/
- [58] HKZS: Hamis a pirula? (Vegyérték). *National Geographic* **12(4)** 22 (2014).
- [59] Mrad, M.A., Csorba, K., Galata, D.L., Nagy, Z.K. & Nagy, B.: Comparing Spectroscopy Measurements in the Prediction of in Vitro Dissolution Profile using Artificial Neural Networks. In *Proceedings of 3rd International Conference on Data Science and Machine Learning (DSML 2022)*. Edited by Wyld, D.C. & Nagamalai, D., AIRCC Publishing Corporation, Chennai, ISBN 978-1-925953-75-6, pp. 1-11 (2022). <https://doi.org/10.5121/csit.2022.121501>
- [60] Galata, D.L., Madarász, L. & Nagy Zs.K.: A gépi látás gyógyszer-technológiai alkalmazásai (Továbbképző közlemények). *Gyógyszerészet* **66(10)** (2022). <https://mgyt.hu/gyogyszereszet-2022-oktober/>
- [61] Antaliné Hujter, Sz.: A „Győr városát végveszéllyel fenyegető földrengés” és más régi földmozgások (Várostörténeti puzzle, 108. rész). <https://www.gyoriszalon.hu/news/11469/61/> (2018)
- [62] ELKH: Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (FI) Litoszféra-fizika egység. (2021) <https://www.youtube.com/watch?v=TtgO7ZGwa1o>
- [63] Berkesi, M., Czuppon, G., Szabó, C., Kovács, I., Ferrero, S., Boiron, M.-C. & Peiffert, C.: Pargasite in fluid inclusions of mantle xenoliths from northeast Australia (Mt. Quincan): evidence of interaction with asthenospheric fluid. *Chemical Geology* **508** 182–196 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.06.022>
- [64] Varga, P., Győri, E. & Timár, G.: The Most Devastating Earthquake in the Pannonian Basin: 28 June 1763 Komárom. *Seismological Research Letters* **92(2A)** 1168–1180 (2021). <https://doi.org/10.1785/0220200411>
- [65] FORTEPAN / id. Konok Tamás: Magyarország, Győr, Káptalándomb, Szent László napi körmenet a Szent László hermával, a Gutenberg tér felől nézve – képszám: 42765. (1939) <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=42765>
- [66] Szlovákiai Magyar Művelődési Intézet - Dunaszerdahely: Telegdy-Kováts László. (2019) <https://csemadok.sk/jeles-felvideki-szemelyisegek/telegdy-kovats-laszlo/>
- [67] Telegdy-Kováts László (1902-1987) Colorized-Enhanced-1-Animated.mp4 https://bmeedu-my.sharepoint.com/:v/g/personal/gergely_szilveszter_edu_bme_hu/EZy-N837T_5Mgi7UvD1b7AIBLwTUO49LalRrDe2ib1jCA?e=ojH6b1
- [68] Salgó, A.: Tradíciók és megújulások. Az Élelmiszerkémia Tanszék alapításának 100. évfordulója. „100 + 10 év élelmiszertudomány a 240 éves BME-n” jubileumi szakmai rendezvény előadása. (2021)
- [69] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2021)

“Like stars are moving in the sky” – life of an infrared photographic studio

*Don't be hasty.
Though by your labour others profit,
merely working precisely and fine
just like stars are moving in the sky
is but worth it.*

Attila József
(1905-1937)

Keywords: infrared spectroscopy, multivariate data analysis, imaging

1. SUMMARY

Today, users can choose from many options according to their goals when they turn to the toolbox of vibrational spectroscopy when answering their questions. This diversity is reflected in the structure, sample handling, and measurement technology of the devices. It is enough to think of handheld devices that enable on-site measurements in incoming raw material warehouses, or bench-top devices for quality control laboratories, or in-/on-line devices for production technologies. In addition, chemical imaging (CI) techniques have also gained ground. Mathematical, statistical, and chemometric methods are breathing life into the army of infrared spectra provided by the hardware, which are capable of extracting the information inherent in large data sets (big data). In the article, the development and embedding of infrared techniques from academic research to agricultural and industrial applications can be traced by highlighting examples of the last 25 years – but not only through spectroscopic tools, but also through people.

¹ NIR Spectroscopy Group, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics

2. Introduction

As a young adult, the Győr "Festival of Photographers" [1] left me with many, many good memories. The medium consisted of lights and sounds, i.e., waves, it evoked a feeling and opened a window to new, unknown worlds, giving me a better understanding of it. In our small research group, we are striving to do the same: with the help of the infrared range of electromagnetic radiation we seek to understand the chemical (and often physical [6, 7, 8]) history of the substance under study through the interaction of waves with the matter investigated, as so many have done [4, 5] since Sir William Herschel [2, 3].

2.1. Characteristic NIR absorption bands

Almost all functional groups needed to study a biological system provide signals in the range closer to red, also called near infrared (NIR), of non-destructive molecular (or vibrational) spectroscopy, which requires little or no sample preparation (Figure 1). Life-giving water provides signals through its O–H groups; structural or reserve proteins through the C=O and N–H groups of the peptide bonds between amino acids and through their side chains; lipids through their saturated (C–C) or unsaturated (C=C) carbon-carbon bonds, and through the C–H vibrations of their large numbers of methyl (–CH₃) and methylene (–CH₂–) groups, absorbing the photons with wavelengths characteristic of them, and thus moving to higher energy levels. Carbohydrates, as polyhydroxy-oxo compounds, are a bit like mules: the vibrations of the groups listed above (O–H, C=O, C–H) appear together.

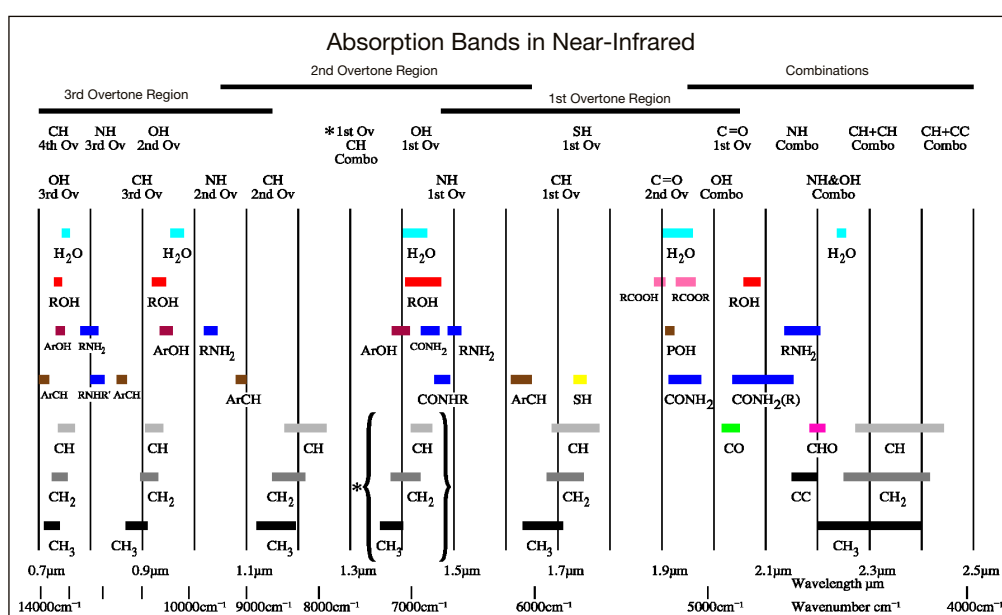


Figure 1. Group absorptions in the near-infrared range [6]

2.2. Multi variate data analysis in the NIR technology

And this brings us to the second so-called field of our interdisciplinary science after (N)IR spectroscopy, multivariate (data) analysis (MV(D)A), the magical world of chemometrics and statistics (i.e., mathematics as a common denominator), which we are constantly learning from Professors Sándor Kemény and Károly Héberger (professors at the Budapest University of Technology and Economy. The Ed.), still amazed by their knowledge, experience and pedagogical sense [9, 10]. In our area, the need for these sciences stems from two main sources.

Firstly, the macro-components listed above (together with the micro-components) make up the whole, the living. Given the profile of our department, it is mainly these complex (plant, animal, human) systems that are studied "as is" or in a processed form (crops, foods, tissues), always resulting in complex, envelope-like spectra. The analysis of these (e.g., identification or assignment of spectral peaks) is inconceivable without smoothing with moving averages, derivative-sensitized peak resolutions or baseline shifts eliminated by normalization. From another professional topic, an example is the case number diagram for the SARS-CoV-2 pandemic, where the change in the epidemic data provided a good indication of the current epidemic situation by plotting the moving averages (Figure 2).

Secondly, spectrum-based identification or the construction of qualitative or quantitative models also requires mathematical tools: sometimes only a single correlation calculation is needed, sometimes more serious vector algebra or operations with matrices.

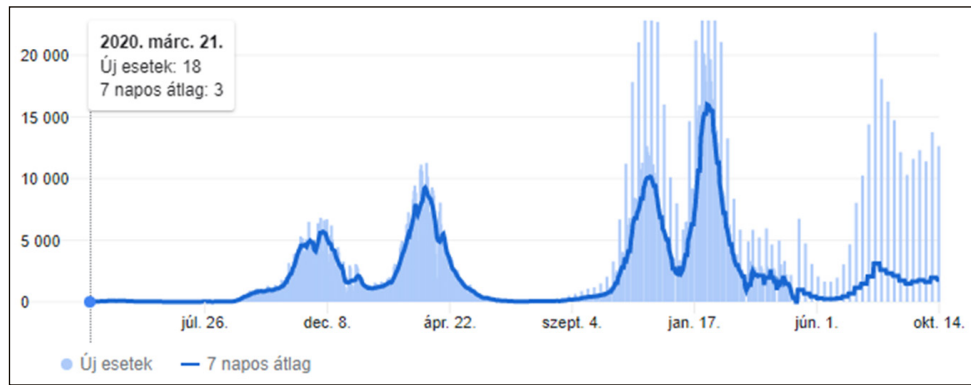


Figure 2. New COVID-19 cases – data received (as columns) and the 7-day moving average (as a bold line) [11, 12]

It may be clear from the above that living in the age of Industry 4.0 (**Figure 3**) and circular economy [13], whether it is precision agriculture, the food industry using knowledge-based technologies, or the pharmaceutical industry with its PAT and QbD approach, non-destructive spectroscopic sensors (NDSS) are coming to the fore as the main tools, be it fiber-optic sensors in tubes (**Figure 4**) or cameras mounted on conveyor belts measuring in the UV/Vis/NIR range.

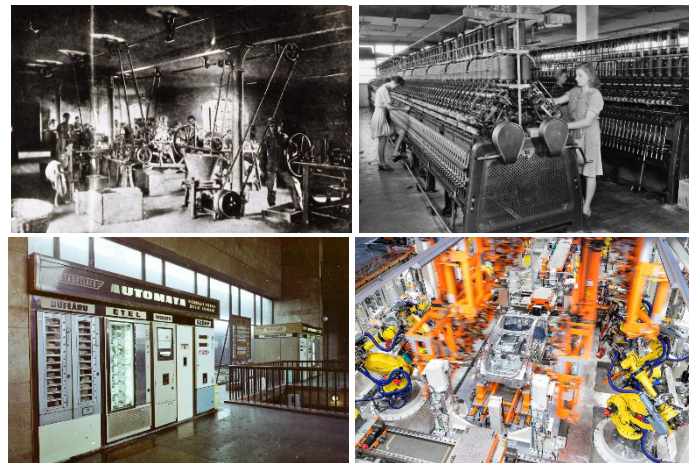


Figure 3. Győr vs. Industry 1.0: match factory, 2.0: flax weaving mill, 3.0: food and drink vending machine, 4.0: car factory [14, 15, 16, 17]

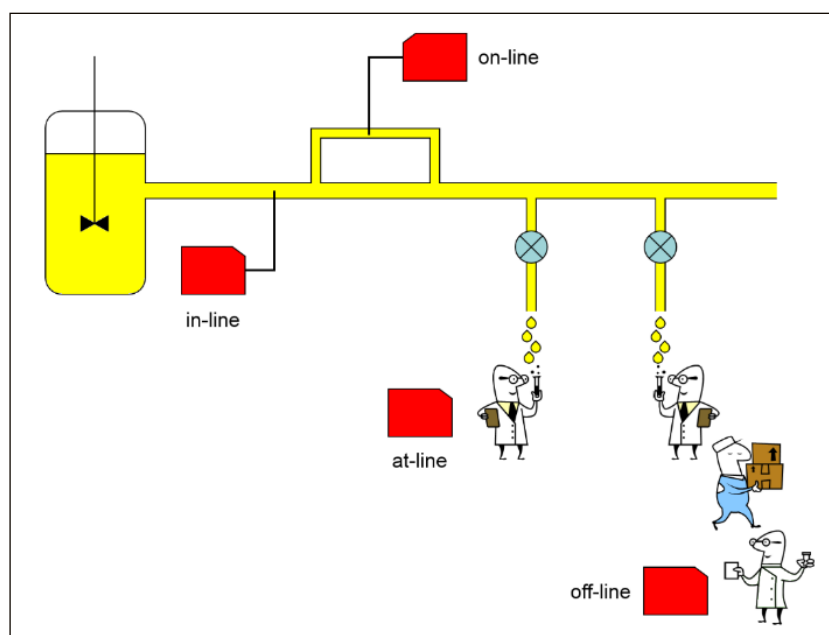


Figure 4. Relationship between sampling and measurement locations [18]

3. The application of infrared technics at the Department

The transition from foods to drugs (either this way or that) is a recurring theme in our work, especially if we look back at our career over the decades since the 1990s. For example, the experience gained in the measurement of wines, sparkling wines, liqueurs, spirits [19], beers and palinkas [20] has been useful in the development of techniques for real-time monitoring of the fermentation processes of monoclonal antibodies [21, 22]. If we had been working at product manufacture, i.e., *upstream*, we had to help in purification, i.e., *downstream*, if we were able, for example in the qualification of column packings used in preparative chromatography [23]. In all cases, the goal is, as in the eternal struggle of the world (living inside us), to recognize the difference between good and bad (based on experience = data (*data-driven*)), to find the cause of being bad (error analysis), to eliminate it and put it on the right track (*golden batch*). But perhaps the smartest thing to do, in the spirit of “better safe than sorry”, is to take preventive action (*predictive maintenance*) based on the warning signs before bad things happen. Even the latter can be very helpful, when the focus is not necessarily on the accuracy and precision of the specific metric, but on its variability, dynamics and trend.

It can be mistaken to think that on-site (*in situ*), immediate (*just-in-time*) measurements are only the prerogative of producers of high value-added biotech products. Agricultural sensors can form the same kind of network as IoT (*internet of things*) devices in a smart home. The added value is smaller: but the material flows can be orders of magnitude higher and, as we know, look after the cents and the euros will look after themselves. Whether it's a feed mixer with a batch approach, working with dedicated recipes [24] or a continuous bioethanol plant with a constant quality goal, there are NIR instruments containing no moving optical elements (thus unaffected by vibrations and shocks). Both of these examples are based on corn and/or wheat, which is not surprising given the development of NIR spectroscopy. These are the basic food materials the investigation of which pioneered the diffuse reflectance NIR analysis of solid materials by Karl Norris of the USA and Phill Williams of Canada in the 1960s and 1970s [5]. Looking a little further, it is perhaps worth quoting Harari's thoughts here, citing the foreword of Péter Hahner: “[...] it was not man who domesticated wheat, but rather wheat domesticated man, since *homo sapiens* has been living in houses since he switched to cereal production” [25].

Wheat plays an important role not only in the life of mankind, but also in the life of our group at the Department: the first NIR spectrometers were obtained mainly to measure wheat, thanks to János Varga and later András Salgó [26, 27], and the Cereal Group of Sándor Tömösközi provided us with constant ammunition in the field of cereal research [28, 29]. During the maturation dynamics of wheat, changes of the main components (moisture, proteins, carbohydrates) were followed over time by NIR spectroscopy [30, 31, 32], then by capillary electrophoresis with the help of our colleague Éva Scholz, then by liquid chromatography [33].

The life of a plant seed often continues in the mill, losing its compactness, its integrity, being broken into elemental pieces, and being reborn in different forms. Chaff is separated from wheat, the husk and germ from the kernel, meal from flour, these are the grinds fractions used for our daily bread, or for the formation of our reserves (**Figure 5**).

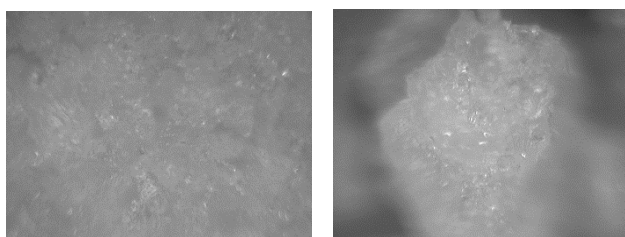


Figure 5. Microscopic images (400×500 μm) of wheat flour (BL 55) and pasta industry wheat flour (TL 50) [34]

The need came from plant breeders to replace the grinding of 200 g of wheat grain for classical wet chemistry analyses with the processing of 10 g of material. In the initial stages, only a few spikes of grain are available, so analytical possibilities are severely limited. This led, thanks to domestic developments [35], to the birth of a micro-mill, the milling properties of which were compared by means of the NIR spectra of the milling fractions with that laboratory mill, which is able to grind 200 g of seed, [36]. After two decades, we are still interested in similar questions: how grinding and milling affects NIR spectra through light scattering due to mesh size, which can be used to profile different laboratory grinders, helping the decision of users when switching to a different model [8], or how to monitor a large-scale milling process, following pasta flour yields [37], or the heat treatment of the resulting fractions [38].

To the frequently arising question “What’s in the sample?”, NIR photons, still non-destructive but already with the energy needed for proper penetration, have helped many times, whether for investigations through packaging materials, or for looking into smaller or larger green samples (watermelon, algae). The former is necessary because, in many places, people work with substances that are hazardous to health and must be removed from the packaging material before use in order to identify and qualify them. For this reason, model systems have been developed where the extent of absorption of plastics can be detected, and their impact can be reduced by variable selection and/or mathematical treatments [39]. Of course, we also help our colleagues where we can, in our area of expertise. Pál Maák (BME TTK, Institute of Physics, Department of Atomic Physics) and his colleagues have built a prototype (**Figure 6**) that uses NIR lasers to measure the sugar content of watermelons – an order of magnitude leap in measurement sensitivity compared to the apple, kiwi and orange analysis methods of foreign researchers. Here, we provided support in measuring the sugar absorption peaks, the wavelength – indirectly the choice of lasers. Here, we have provided support in measuring the “sugar peaks” and selecting the wavelengths and thus, indirectly, the lasers [40]. To Áron Németh (BME VBK ABÉT, Laboratory of Fermentation Experiments) and his colleagues we were able to offer a solution in the mid-infrared (i.e., analytical) range for the selection of algal species and product yields (i.e., specific lipid amounts as sources of biodiesel) under small-scale cultivation conditions [41]. We strive to maintain integration not only at the level of research groups within the department and the university, but also with national and international universities and research institutes through our professional and grant activities, seeking new applications for the spectroscopic techniques we use [42].

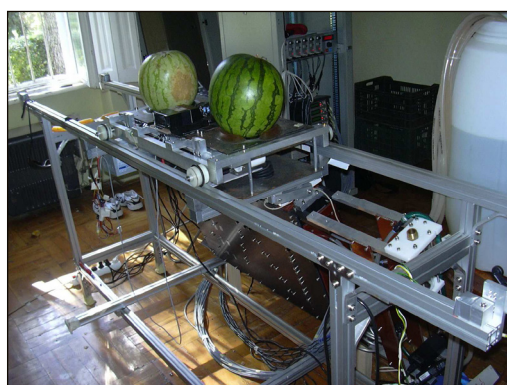


Figure 6. Prototype for measuring the sugar content of watermelons based on NIR technology [43]

Integration can be achieved not only between people but also between data sets. Just as we demonstrated in 2006 and 2006 how to combine optical NIR spectra and rheological viscosity curves [44, 45], we are working on new solutions for data fusion 15 years later with Pál Péter Hanzelik, representing large-scale industrial background (MOL Nyrt. – Hungarian gas and oil company. The Ed.) with coordination and active participation [46] and Zsombor Kristóf Nagy, who enables connection within the BME-FIEK framework and also involves our research group in the work of the Pharmatech Pharmaceutical Technology Laboratory. Similarly, a fruitful collaboration, now going back to several years, has been established with Márton Bredács, a pillar of the Polymer Competence Center Leoben (PCCL) which works closely with the University of Leoben, in the multisensory selection and classification of plastic wastes using several spectroscopic sensors (Vis, NIR, Raman) [47].

A significant milestone in the life of the group of our Department was the advent of imaging technology. From the early 2000s, presentations and exhibitors at international conferences and publications proliferating in the field showed that “commercialization” (i.e., mass production and wider marketing after prototypes and limited series) had begun. Sticking to what we had been doing, we investigated plant seeds [48], but in addition, a more classical human line was also initiated by the persistent work of Endre Kontsek and Adrián Pesti (our former students, now at the Institute of Pathology, Forensic and Insurance Medicine of Semmelweis University). After studying kidney and gallstones [49], as suggested by our doctors, we turned our attention to soft tissues, tumors and cancerous cell lines [50, 51], hoping to contribute to the development of digital pathology or, as a long-term goal, to the development of real-time tumor identification during surgery. We owe a lot to Alfréd Kállay-Menyhárd and his colleagues (in chronological order, Péter Müller, Dóra Tátraaljai, József Hári and Balázs Kirschweg) from a co-institute (BME VBK FKAT Plastics and Rubber Laboratory), the assignments from whom have contributed to our research on plastics microscopy, be it biodegradable polylactic acid/thermoplastic starch (PLA-TPS) mixtures (**Figure 7**) or the failure analysis or reverse engineering of various products (adhesives, foils, medical instruments, electric engine coatings).

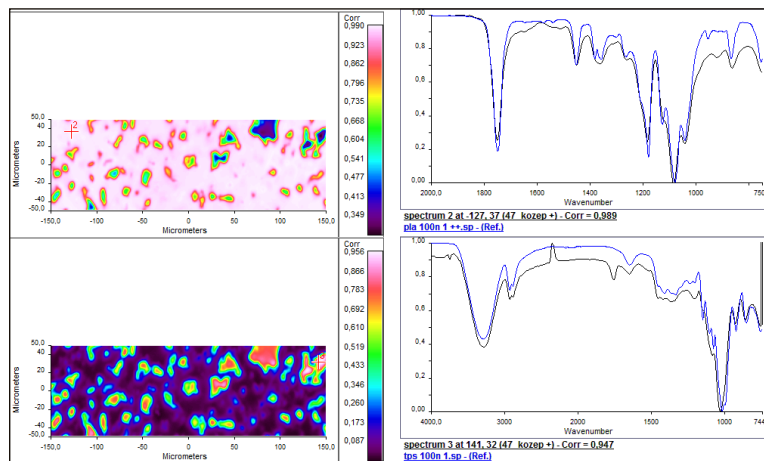


Figure 7. Distribution analysis of a poly(lactic acid)/thermoplastic starch (PLA-TPS) mixture on IR-imaging based correlation maps (left) using the spectra of reference materials (right, in blue; top: PLA, bottom: TPS) [52]

And speaking of failure analysis, Péter Gordon and his enthusiastic team (BME VIK ETT EFI-labs) are a factor in this area who cannot be ignored, their sample preparations and documentations greatly assist not only our imaging tasks listed above, but also, for example, the cross-sectional analysis of laminated packaging materials (Figure 8).

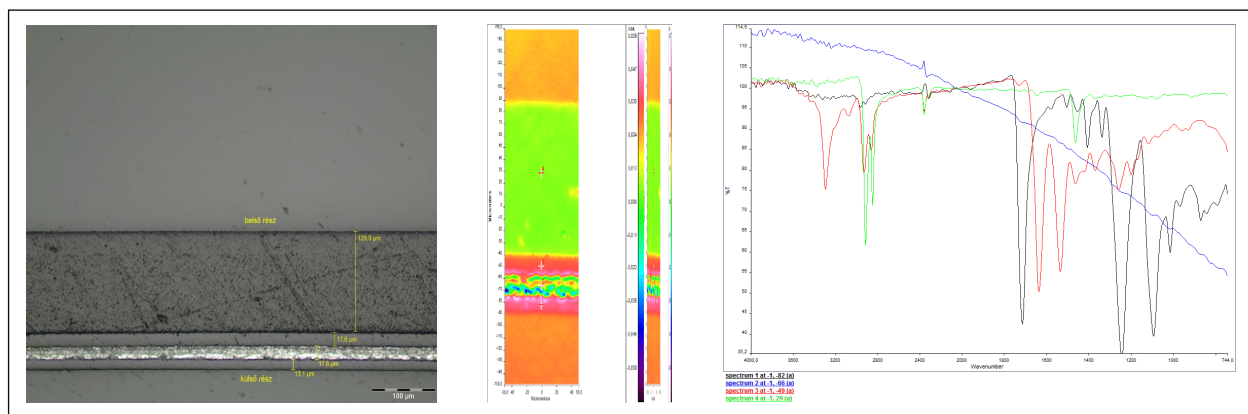


Figure 8. Cross-sectional view of a multilayer food packaging material (bag of chips, left) [53], in IR microscope (middle), and IR spectra of the selected points in each layer [54]

Still on the subject of plastics, in terms of their environmental aspects, it is microplastics that we are most confronted with these days in everyday and scientific news media. Microplastics (and the chemicals they bind) that enter the food chain through contamination of the inanimate environment can also be harmful to health. In collaboration with Gábor Bordós and his colleagues (WESSLING Hungary Kft.), we have developed a methodology for the application of the infrared range to monitor different types of our waters [55, 56].

As in the previous example, we always come back to man. And once the disease is found, in Western medicine, the next step is the medicine, the pill, and like all good things, these are counterfeited as well. With József Horgos (WESSLING Hungary Kft.) we started to map out this area (literally) [57, 58], and later on we received support from Szilvia Lohner (OGYÉI) in the form of test substances. However, not only counterfeiting, but also (non)compliances of technological origin and the model systems built for formulation development can also be investigated in terms of the presence and distribution of ingredients. The aim is to have a machine vision that classifies not only in the UV and Vis, but also in the NIR range, estimating drug release based on models [59, 60].

One of the most beautiful challenges in terms forecasting is predicting earthquakes. If we recall the earthquake of June 28, 1763, which shook Komárom, Győr and Zsámbék, with a magnitude of 6.3 and claiming 63 lives, and which led to the order to circle the herma of St. László in the city of Győr to avoid further earthquakes (Figure 9), the context becomes clear [61]. I consider the collaboration with István János Kovács and his colleagues, who are members of the Research Institute of Earth and Space Physics at ELKH and the Lithospheric Fluid Research Laboratory at ELTE TTK, a godsend.

Solids and liquids in mixtures, solutions or even colloidal form, often organized into living systems, as complex biological systems are often measured, as could be seen in the examples so far, but gases (“mobile volatiles”) have been left out so far. We cannot take the credit for the measurements this time either. Our geologist colleagues have created that so-called Lithospheric Physics Unit (the first integrated geodynamic station in Central Europe) [62], enabling the very exciting time-series analysis of the measured IR spectra (and other data). However, we should not forget the question to be answered: what can be seen on the changes in soil CO₂ levels, which as a fluid also exhibits tidal movements, and may suddenly become more pronounced due to tectonic movements. Could this be a harbinger of earth movements that are being triggered by the collision of African and European plates? Parts of the big puzzle are the fluids trapped in rocks, which contain CO₂, water vapor and other gases, in the study of which we can help with our background in microscopy [63].

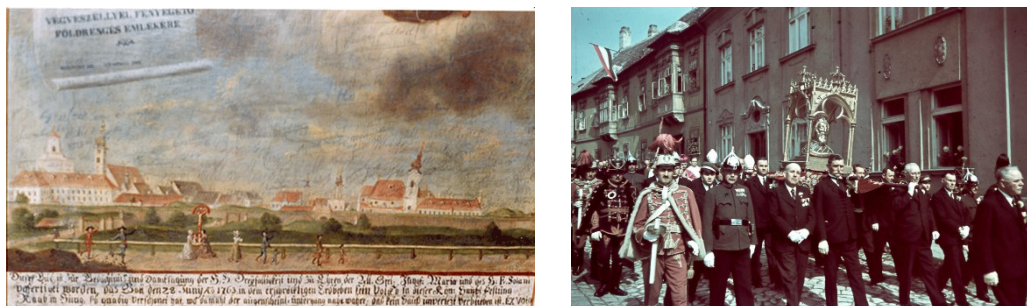


Figure 9. A votive picture of Győr with the leaning towers to commemorate the earthquake (left) [64] and the 1939 St. László day procession with the herma [65]

The picture of the work in our Department would not be complete without a few words about the research on linear and non-linear relationships. In real life: our nervous system, equipped with our sensory organs (as peripheral organs), helps us to survive the challenges of everyday life by learning non-linear solutions. In machine language: an artificial neural network (ANN) with multisensory sensors and machine learning (ML) with nonlinear solutions operates decision trees.

What would László Telegdy-Kováts László (Galgóc, December 5, 1902 – † Budapest, May 11, 1987, chemical engineer, college professor) (Figure 10) say, who is remembered by CSEMADOK as follows: “He matriculated from the high school of Nyitra in 1919. Obtained his engineer’s diploma from the Faculty of Chemical Engineering of the Technical University of Budapest in 1925. Became an assistant professor to Elek Sigmund (1873–1939), a chemical engineer and professor of agrogeology at the Technical University of Budapest, where he initially worked on soil biology. In the late 1920s, for an extended period he worked in England, where he became familiar with the modern methods of mathematical statistics and experimental design. In 1935, his interest turned to food chemistry, and as a researcher and a ministerial official, his main focus became the management and development of food technology. In 1950, he was appointed professor in the Department of Food Chemistry at the Faculty of Chemical Engineering of the Technical University of Budapest. He educated generations of engineers. His papers on the theoretical and practical issues of food quality are still relevant today. He is also credited with the development of novel food analytical methods. His attention also extended to food packaging technology. He considered the dissemination of scientific knowledge to be an important task and for many years he was president of the Society for Dissemination of Scientific Knowledge (TIT)” [66]. We hope he nods in agreement [67]. In Figure 10, we want to illustrate the technical possibilities in the field of optics that can be exploited through the application of artificial intelligence [67].

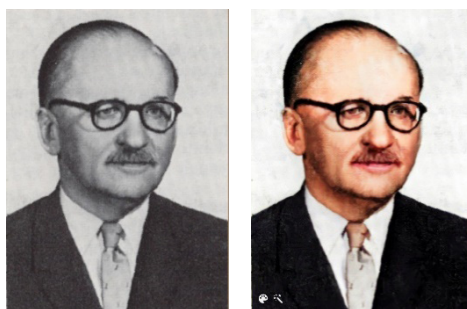


Figure 10. Portrait of László Telegdy-Kováts in black and white (left) [68], and colored after machine learning (right) [69]

4. Conclusion and acknowledgement

Our research group's exploratory bioengineering nature combines the attributes of our specializations (applied biotechnology, health protection, food quality and environmental protection specializations), of which we were able to flash a picture of each within the framework of this article. We hope that we have created a good feeling by opening some window at a time while the movie continues...

* * *

First and foremost, I would like to thank András Salgó, the father of the NIR Spectroscopy Group: without him we would not be here either. Nor would we be here without those who, for many years, have entered the doors of K.II.3. or, more recently, of Ch 165 as PhD students and/or colleagues, namely (perhaps in chronological order) Gábor Sárossy, Réka Juhász, Tímea Gelencsér, Mária Hódsági, Eszter Izsó, Mónika Berceli, László Párta, Éva Szabó, Bence Kozma, Gabriella Besenyő and János Slezsák. Over the past 25 years, I have received a lot of strength, encouragement and examples, in addition to the members of the group, from Sándor Tömösközi, it was his understanding patience and trust in me that made it possible to take stock and this snapshot. I hope that the colleagues and students who have been part of our group think back on us as fondly as we think back on them, and we would like to thank the time spent working together, as we have also learned a lot.

I would like to thank Sándor Nógrádi, and Géza Tóth (†), (Servitec Kft.) with whom we were able to experience the networking possibilities of NIR spectrometers, in addition to their agricultural and food applications, and gained insight into applications in the pharmaceutical industry, and to Miklós Lipták and Sándor Varju (PER-FORM Hungária Kft.) for broadening our vision and possibilities through access to analytical IR and microscopy techniques, thus opening the way to numerous collaborations with academic, research and industrial partners.

Dedicated to the memory of my Godfather

5. References

- [1] Nemzetközi Vizuális Művészeti Alapítvány: MEDIAWAVE ARCHÍVUM – 1991-2019. www.mediawavefestival.hu
- [2] Davies, A.M.C.: William Herschel and the discovery of near infrared energy. *NIR news* **11(2)** 3, 5 (2000). <https://doi.org/10.1255/nirn.556>
- [3] Millman, P.M.: The Herschel Dynasty - Part I: William Herschel. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* **74(3)** 134–146 (1980). <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1980JRASC..74..134M>
- [4] Norris, K.H.: History of NIR. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **4(1)** 31–37 (1996). <https://doi.org/10.1255/jnirs.941>
- [5] McClure, W.F.: 204 Years of near infrared technology: 1800–2003. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **11(6)** 487–518 (2003). <https://doi.org/10.1255/jnirs.399>
- [6] Murray, I.: Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. In *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference*. Edited by Davies, A.M.C. & Garrido-Varo, A., NIR Publications, Chichester, ISBN 0 952866 4 1, pp. 1–12 (2004). https://www.impopen.com/book-summary/978-1-906715-23-6_ch1
- [7] Dahm, D.J. & Dahm, K.D.: The Physics of Near-Infrared Scattering. In *Near-Infrared Technology in the Agriculture and Food Industries*, Edited by Williams, P. & Norris, K., American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, ISBN 1-891127-24-1, pp. 1–17 (2004).
- [8] Gergely, S.; Slezsák, J.; Salgó, A.: Monitoring the change in particle size of dried egg-pasta due to different grinding parameters by diffuse reflection near-infrared spectroscopic techniques. In *1st sensorFINT International Conference: Non-Destructive Spectral Sensors Advances and Future Trends. Book of Abstracts*. Edited by Sandak, A., Sajinčič, N., Fábrián, G. & Pérez-Marin, L., Innorenew CoE, Izola, Slovenia, ISBN 978-961-293-153-7, pp. 50–51 (2022). <https://doi.org/10.26493/978-961-293-153-7>
- [9] Borosy, A.P., Héberger, K., Horvai Gy., Kolossváry, I., Lengyel, A., Paksy, L., Rajkó, R. & Szepesváry, P.: Sokváltozós adatelemzés (kemometria). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN 963 19 2114X (2001).
- [10] Kemény, S., Pusztai, É., Lakné Komka, K., Deák, A., Mihalovits, M., Bodnár-Kemény, K.: A 6 szigma statisztikai eszközei. Typotex Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-4931-23-2 (2021).
- [11] Google Ireland Limited: Koronavírus-betegség 2019. <https://g.co/kgs/pxPPN8>

- [12] Dong, E., Du, H. & Gardner, L.: An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet Infectious Diseases* **20(5)** 533–534 (2020). [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1)
- [13] Király, O.: Ipar 4.0 avagy beléptünk a jövőbe – 5 fogalom, ami segít az eligazodásban. (2017) http://konzervtelefon.blog.hu/2017/07/12/ipar_4_0_avagy_beleptunk_a_jovobe_5_fogalom_ami_segit_az_eligazodasban
- [14] Lengyel, A.: A Győri Gyufagyár (Várostarténeti puzzle, 8. rész). (2015) <https://www.gyorisalon.hu/news/2375/61/>
- [15] FORTEPAN / id. Konok Tamás: Magyarország, Győr – képszám: 43348. (1951) <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=43348>
- [16] FORTEPAN / Bauer Sándor: Magyarország, Győr, vasútállomás – képszám: 109843. (1975) <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=109843>
- [17] Stefan Warter / Audi AG: The 6th Model from Győr: Audi Q4 Manufactured by Audi Hungaria. (2017) https://audi.hu/en/news/news/details/517_the_6th_model_from_gyor_audi_q4_manufactured_by_audi_hungaria/
- [18] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2013)
- [19] Gergely, S.; Farkas, K., Forgács, A. & Salgó, A.: Quantitative and qualitative differentiations of alcoholic beverages by near infrared spectroscopy. In *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 11th International Conference*. Edited by Davies, A.M.C. & Garrido-Varo, A., NIR Publications, Chichester, ISBN 0 952866 4 1, pp. 569–572 (2004). https://www.impopen.com/book-summary/978-1-906715-23-6_ch102
- [20] Besenyő, G., Lenkovics, B., Slezsák, J., Szabó, É., Salgó, A, Lugasi, A. & Gergely, S.: Determination of ethanol and methanol content of Hungarian pálinka products by mid- and near-infrared methods. *Acta Alimentaria*, AALIM-S-21-00292 (in progress) (2022).
- [21] Kozma, B., Salgó, A. & Gergely, S.: Comparison of multivariate data analysis techniques to improve glucose concentration prediction in mammalian cell cultivations by Raman spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **158** 269–279 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.06.005>
- [22] Kozma, B., Salgó, A. & Gergely, S.: On-line glucose monitoring by near infrared spectroscopy during the scale up steps of mammalian cell cultivation process development. *Bioprocess and Biosystems Engineering* **42(11)** 921–932 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02091-z>
- [23] Szabó, É., Baranyai, L.Z., Sütő, Z., Salgó, A. & Gergely, S.: Attenuated total reflection fourier transform infrared spectroscopy based methods for identification of chromatography media formulations used in downstream processes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **180** 113060 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.113060>
- [24] Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft.: NIR – a minőségi takarmánygyártás szolgálatában. (2019) <https://www.babolnatakarmany.hu/nir-a-minosegi-takarmanygyartas-szolgalataban/>
- [25] Harari, Y.N.: Sapiens. Az emberiség rövid története. Animus Könyvek, Budapest, ISBN 978 963 324 237 7 (2015).
- [26] Varga, J., Billes, F. & Bartók, Zs.: Rostos és szemcsés élelmiszerek transzmissziós NIR színeképe. (poszter) In *Szakmai hírek II., Élelmiszervizsgálati Közlemények* **34(2)** 123 (1988). https://eviko.hu/Portals/0/ujsagok/Arcivum/1988/2_szam/EPA03135_elelmiszervizsgalati_kozlemenyek_1988_02_118-128.pdf
- [27] Downey, G.: NIR in Budapest. *NIR news* **7(1)** 7 (1996). <https://doi.org/10.1255/nirn.341>
- [28] Salgó, A.: NIR spektroszkópiai alapú gyorsvizsgáló módszerek és azok beillesztése a Pannon búza átvételi rendszerébe. In *A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése*. Edited by Bedő, Z, Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, ISBN 978-963-502-881-8, pp. 95–102 (2008).
- [29] Schmidt, J., Gergely, S., Schönlechner, R., Grausgruber, H., Tömösközi, S., Salgó, A. & Berghofer, E.: Comparison of Different Types of NIR Instruments in Ability to Measure β -Glucan Content in Naked Barley. *Cereal Chemistry* **86(4)** 398–404 (2009). <https://doi.org/10.1094/CCHEM-86-4-0398>
- [30] Gergely, S. & Salgó, A.: Changes in moisture content during wheat naturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **11(1)** 17–26 (2003). <https://doi.org/10.1255/jnirs.350>
- [31] Gergely, S. & Salgó, A.: Changes in carbohydrate content during wheat naturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **13(1)** 9–17 (2005). <https://doi.org/10.1255/jnirs.452>

- [32] Gergely, S. & Salgó, A.: Changes in protein content during wheat naturation—what is measured by near infrared spectroscopy? *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **15(1)** 49–58 (2007). <https://doi.org/10.1255/jnirs.687>
- [33] Scholz, É., Prieto-Linde, M.L., Gergely, S., Salgó, A. & Johansson, E.: 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)** 1523–1532 (2007). <https://doi.org/10.1002/jsfa.2878>
- [34] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2012)
- [35] Wrigley, C.W., Tömösközi, S. & Békés, F.: Hungarian-Australian collaborations in flour milling and test milling over 120 years. *Cereal Research Communications* **39** 215–224 (2011). <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.2.5>
- [36] Gergely, S., Handzel, L., Zoltán, A. & Salgó, A.: Near infrared spectroscopy—a tool for the evaluation of milling procedures. In *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 10th International Conference*. Edited by Davies, A.M.C. & Cho, R.K., NIR Publications, Chichester, ISBN 978-1-906715-22-9, pp. 33–37 (2002). https://www.impopen.com/book-summary/978-1-906715-22-9_ch7
- [37] Izsó, E., Bartalné-Berceli, M., Salgó, A. & Gergely, S.: Off-line detection of milling processes of Pannon wheat classes by near infrared spectroscopic methods. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* **10(2)** 207–214 (2018). <https://doi.org/10.3920/QAS2016.1059>
- [38] Izsó, E., Bartalné-Berceli, M., Salgó, A. & Gergely, S.: Monitoring of heat-treated wheat milling fractions by near infrared spectroscopic method. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* **10(1)** 93–102 (2018). <https://doi.org/10.3920/QAS2016.1048>
- [39] Slezsák, J., Szabó, É., Gergely, S. & Salgó, A.: Measuring of food additives via polyethylene foils by NIR spectrophotometers using different optical arrangements. *Acta Alimentaria* **47(1)** 104–112 (2018). <https://doi.org/10.1556/066.2018.47.1.13> <https://m2.mtmt.hu/api/publication/2657548>
- [40] Maák, P., Péter, M., Gergely, S. & Richter, P.: Evaluation of NIR Absorption Spectra of Water-Melon Juices for Sugar Content. (2012) <https://m2.mtmt.hu/api/publication/2657548>
- [41] Kiss, B., Gergely, S., Salgó, A. & Németh, Á.: Investigation of Differences in the Cultivation of Nannochloropsis and Chlorella species by Fourier-transform Infrared Spectroscopy. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, **62(4)** 388–395 (2018). <https://doi.org/10.3311/PPch.12863>
- [42] CA19145 - European Network for assuring food integrity using non-destructive spectral sensors (SensorFINT). <https://www.cost.eu/actions/CA19145/#tabs|Name:overview>
- [43] Maák, P.: Személyes közlés. (2015)
- [44] Juhász, R., Gergely, S., Gelencsér, T., Salgó, A.: Relationship Between NIR Spectra and RVA Parameters During Wheat Germination. *Cereal Chemistry* **82(5)** 488–493 (2005). <https://doi.org/10.1094/CC-82-0488>
- [45] Salgó, A., Gergely, Sz. & Juhász, R.: Kémiai és fizikai ujjlenyomatok. In *KÖZPONTI ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET, AZ MTA ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KOMPLEX BIZOTTSÁGA és a MAGYAR ÉLELMÉZÉSIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET közös rendezésében 2006. március 2-án tartandó 323. TUDOMÁNYOS KOLLOKVIUM előadásainak rövid kivonata. 295. füzet*. Budapest, p. 7 (2006). <https://metetudastar.wordpress.com/2021/02/20/mta-ekb-mete-keki-tudomanyos-kollokviumok-osszefoglalo/>
- [46] Hanzelík, P.P., Gergely, S., Gáspár, C. & Györy, L.: Machine learning methods to predict solubilities of rock samples. *Journal of Chemometrics* **34(2)** e3198 (2020). <https://doi.org/10.1002/cem.3198>
- [47] Bredács, M., Barretta, C., Castillon, L.F., Frank, A., Oreski, G., Pinter, G. & Gergely, S.: Prediction of polyethylene density from FTIR and Raman spectroscopy using multivariate data analysis. *Polymer Testing* **104** 107406 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107406>
- [48] Gergely Sz.: A sárkány és a spektrumok – fejtörők az infravörös spektroszkópia világából (Bruckner-termi előadások). *Magyar Kémikusok Lapja* **71(6)** 182–184. https://epa.oszk.hu/03000/03005/00006/pdf/EPA03005_MKL_2016_06_182-197.pdf#page=1
- [49] Gergely, Sz. & Salgó, A.: (Kép)pontról (kép)pontra: az infravörös képalkotás alapjai és biomérnöki alkalmazásai. In *KÖZPONTI KÖRNYEZET- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET, AZ MTA ÉLELMISZERTUDOMÁNYI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁGA és a MAGYAR ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI EGYESÜLET közös rendezésében 2013. november 29-én tartandó 353. TUDOMÁNYOS KOLLOKVIUM előadásainak rövid kivonata. 326. füzet*. Budapest, p. 2 (2013). <https://metetudastar.wordpress.com/2021/02/20/mta-ekb-mete-keki-tudomanyos-kollokviumok-osszefoglalo/>

- [50] Kontsek, E., Pesti, A., Björnstedt, M., Üveges, T., Szabó, E., Garay, T., Gordon, P., Gergely, S. & Kiss A.: Mid-Infrared Imaging Is Able to Characterize and Separate Cancer Cell Lines. *Pathology & Oncology Research* **26(4)** 2401–2407 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12253-020-00825-z>
- [51] Kontsek, E., Pesti, A., Slezsák, J., Gordon, P., Tornóczki, T., Smuk, G. & Gergely, S. & Kiss, A.: Mid-Infrared Imaging Characterization to Differentiate Lung Cancer Subtypes. *Pathology & Oncology Research* **28** 1610439 (2022). <https://doi.org/10.3389/pore.2022.1610439>
- [52] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2014)
- [53] Gordon, P.: Személyes közlés. (2014)
- [54] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2014)
- [55] Bordós, G., Gergely, S., Háhn, J., Palotai, Z., Szabó, É., Besenyő, G., Salgó, A., Harkai, P., Kriszt, B. & Szoboszlai, S.: Validation of pressurized fractionated filtration microplastic sampling in controlled test environment. *Water Research* **189** 116572 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116572>
- [56] Mári, Á., Bordós, G., Gergely, S., Büki, M., Háhn, J., Palotai, Z., Besenyő, G., Szabó, É., Salgó, A., Kriszt, B. & Szoboszlai, S.: Validation of microplastic sample preparation method for freshwater samples. *Water Research* **202** 117409 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117409>
- [57] Horgos, J.: Infravörös fény a hamis gyógyszerek ellen. (2013) https://index.hu/tudomany/2013/08/12/infravoros_fennyel_a_hamis_gyogyszerek_ellen/
- [58] HKZS: Hamis a pirula? (Vegyérték). *National Geographic* **12(4)** 22 (2014).
- [59] Mrad, M.A., Csorba, K., Galata, D.L., Nagy, Z.K. & Nagy, B.: Comparing Spectroscopy Measurements in the Prediction of in Vitro Dissolution Profile using Artificial Neural Networks. In *Proceedings of 3rd International Conference on Data Science and Machine Learning (DSML 2022)*. Edited by Wyld, D.C. & Nagamalai, D., AIRCC Publishing Corporation, Chennai, ISBN 978-1-925953-75-6, pp. 1-11 (2022). <https://doi.org/10.5121/csit.2022.121501>
- [60] Galata, D.L., Madarász, L. & Nagy Zs.K.: A gépi látás gyógyszer-technológiai alkalmazásai (Továbbképző közlemények). *Gyógyszerészet* **66(10)** (2022). <https://mgyt.hu/gyogyszereszet-2022-oktober/>
- [61] Antaliné Hujter, Sz.: A „Győr városát végveszéllyel fenyegető földrengés” és más régi földmozgások (Várostörténeti puzzle, 108. rész). <https://www.gyoriszalon.hu/news/11469/61/> (2018)
- [62] ELKH: Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (FI) Litoszféra-fizika egység. (2021) <https://www.youtube.com/watch?v=TtgO7ZGwa1o>
- [63] Berkesi, M., Czuppon, G., Szabó, C., Kovács, I., Ferrero, S., Boiron, M.-C. & Peiffert, C.: Pargasite in fluid inclusions of mantle xenoliths from northeast Australia (Mt. Quincan): evidence of interaction with asthenospheric fluid. *Chemical Geology* **508** 182–196 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.06.022>
- [64] Varga, P., Győri, E. & Timár, G.: The Most Devastating Earthquake in the Pannonian Basin: 28 June 1763 Komárom. *Seismological Research Letters* **92(2A)** 1168–1180 (2021). <https://doi.org/10.1785/0220200411>
- [65] FORTEPAN / id. Konok Tamás: Magyarország, Győr, Káptalándomb, Szent László napi körmenet a Szent László hermával, a Gutenberg tér felől nézve – képszám: 42765. (1939) <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=42765>
- [66] Szlovákiai Magyar Művelődési Intézet - Dunaszerdahely: Telegdy-Kováts László. (2019) <https://csemadok.sk/jeles-felvideki-szemelyisegek/telegdy-kovats-laszlo/>
- [67] Telegdy-Kováts László (1902-1987) Colorized-Enhanced-1-Animated.mp4 https://bmeedu-my.sharepoint.com/:v/g/personal/gergely_szilveszter_edu_bme_hu/EZy-N837T_5Mgi7UvD1b7AIBLvW TUO49LalRrDe2ib1jCA?e=ojH6b1
- [68] Salgó, A.: Tradíciók és megújulások. Az Élelmiszerkémia Tanszék alapításának 100. évfordulója. „100 + 10 év élelmiszertudomány a 240 éves BME-n” jubileumi szakmai rendezvény előadása. (2021)
- [69] Gergely, Sz.: Személyes közlés. (2021)

Sejthalál a növényvédelemben: az élelmiszer-ellátás biztonságának növelése molekuláris biológiai módszerekkel

Kulcsszavak: programozott sejthalál, harpin fehérjék, akrolein, ferroptózis-szerű sejthalál, hőstressz

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdaság fontos feladata a növények védelme a patogének által kiváltott biotikus és a környezeti hatások által kiváltott abiotikus stresszel szemben. A patogénekkal szembeni védekezés hagyományosan kémiai növényvédő szerekkel történik, amelyek károsíthatják a környezetet és az egészségünket, így komoly igény merül fel arra, hogy ezeket környezetbarát anyagokra cseréljük. Ígéretes biopeszticidok lehetnek a kutatócsoportunk által is tanulmányozott elicitor hatású harpin fehérjék. Ezek a fehérjék valódi patogénfertőzés nélkül váltanak ki immunválaszt a növényekben, ezzel fokozva az ellenállóképességüket, valamint egyéb előnyös hatásait is leírták már, úgy, mint az intenzívebb növekedés vagy a nagyobb terméshozam. Ezen fehérjék egyelőre nem teljesen tisztázott hatásmechanizmusainak jobb megértése segítheti a hatékonyabb biopeszticidok fejlesztését. A Föld átlaghőmérsékletének emelkedésével egyre nagyobb szerep juthat a hőstressz hatására beinduló ferroptózis-szerű sejthalálnak is. Ennek az először 2017-ben leírt sejthalál folyamatnak a pontos molekuláris mechanizmusa még nem ismert, azonban eredményeink arra utalnak, hogy a reaktív karbonilvegyületek – köztük az akrolein – mediátor szerepet játszhatnak benne. A ferroptózis-szerű sejthalál irodalmi adatok alapján a patogéntámadás hatására bekövetkező hiperszenzitív sejthalálban is szerepet játszik, így a sejthalál folyamat jobb megértése egyszerre segítheti a biotikus és az abiotikus stresszel szembeni védekezést.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

2. Bevezetés

A növények védelme a patogének által kiváltott biotikus és a kedvezőtlen környezeti hatások által kiváltott abiotikus stresszel szemben fontos, és egyre nagyobb kihívást jelent a mezőgazdaság számára. Ezért fontossá vált, hogy a molekuláris biológia eszköztárát is felhasználva jobban megismerjük a növények és a növényi sejtek biokémiáját, ezzel elősegítve új, hatékonyabb védekezési módok kidolgozását, és a növények stressztűrő képességének fokozását, ezzel növelve az élelmiszer-ellátás biztonságát.

3. Harpinek a növényvédelemben

Problémát jelent, hogy a biotikus stresszel szemben jelenleg főleg kémiai növényvédő szerekkel védekezünk, amelyek egy része hosszútávú és súlyos környezeti hatásokat okozhat. Ezért több törekvés irányul arra, hogy ezeket környezetbarát biopesticidekre cseréljük. A biopesticidek fejlesztésének egyik ígéretes vonala lehet az elicitor (aktivációs szignál) hatású harpin fehérjék alkalmazása. A harpinek olyan savas, hőstabil, cisztein szegény, de glicinben és leucinban gazdag fehérjék, amelyeket a III-as típusú szekréciós rendszerrel rendelkező baktériumok, mint pl. a *Pseudomonas syringae* és az *Erwinia amylovora* termelnek [1, 2, 3]. A termelő törzsből kinyert, tisztított harpin fehérjék kis koncentrációban alkalmazva (~100 nM), vagy a növényi sejtekben expresszáva fokozzák az immunválasz-gének expresszióját, amelyek hatására a növény ellenállóbbá válik a patogénekkal szemben. Ezen felül a harpinekkel kezelt növényekben további előnyös hatásokat figyeltek meg, úgy mint a nagyobb termés hozam és az intenzívebb növekedés [4].

A harpinek jótékony hatásainak pontos oka jelenleg még nem ismert, azonban kutatócsoportunk korábbi eredményei arra utalnak, hogy *Arabidopsis thaliana* szuszpenziós sejt kultúrákban harpin kezeléssel biotikus stressz váltható ki. Ennek során úgynevezett oxidatív kitörés következik be a sejtekben, amely a reaktív oxigénvegyületek (ROS) mennyiségének ugrásszerű és jelentős megnövekedésével jár, és ennek hatására indukálódik az antioxidáns rendszerük. Eredményeink alapján az aszkorbinsav bioszintézisének sebességmeghatározó lépését katalizáló VTC2 és 5 enzimek expressziója, valamint a bioszintézis utolsó lépését katalizáló L-galaktono-1,4-lakton-dehidrogenáz (GLDH) enzim expressziója és aktivitása megnő, és –feltehetően az előzőek miatt– a sejtek aszkorbinsav tartalma is fokozódik. Kimutattuk továbbá, hogy a növényi antioxidáns-rendszer központi elemét képező aszkorbát-glutation ciklus enzimeinek aktivitása is fokozódik [5]. Ezek alapján tehát a harpin fehérjékkel valódi patogén fertőzés nélkül váltható ki biotikus stressz a növényekben, amely –többek között– indukálja a növényi antioxidáns rendszert, ezzel fokozva a valódi patogénekkal szembeni ellenálló képességet.

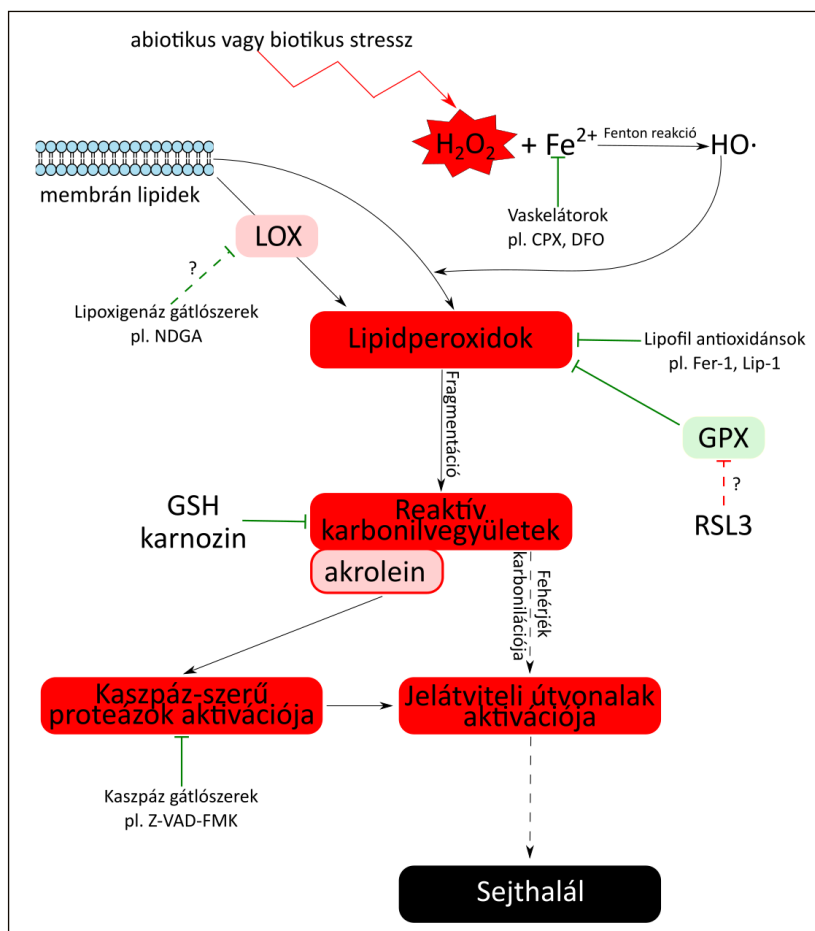
4. A ferroptózis-szerű sejthalál

A harpinek magasabb (>250 nM) koncentrációban ún. hiperszenzitív sejthalált váltanak ki a kezelt növényekben [3–5]. Hiperszenzitív sejthalál a természetben akkor következik be, amikor egy növény rezisztens az adott patogénre (inkompatibilis interakció). Ilyenkor a növényi immunrendszer felismeri a patogént, és gyorsan, programozott módon elpusztítja a saját megtámadott sejtjeit annak érdekében, hogy a növény egészét megvédje. 2019-ben Dangol és munkatársai leírták, hogy a rizs (*Oryza sativa*) és *Magnaporthe oryzae* gomba inkompatibilis reakciója során bekövetkező hiperszenzitív sejthalálra lipidperoxidáció, valamint a ROS és vas(III)-ionok akkumulációja jellemző. A vaskelátor deferoxaminnal és a lipofil antioxidáns ferrostatin-1-gyel kezelve a sejteket azonban megakadályozható volt a vasfüggő ROS akkumuláció és a lipidperoxidáció, amely a hiperszenzitív reakció teljes megszüntetéséhez vezetett. Ezek alapján Dangol és munkatársai azt feltételezik, hogy az inkompatibilis növény-patogén interakció során szerepet játszik ún. ferroptózis-szerű sejthalál is [6].

A ferroptózis emlőssejtek vasfüggő, kaszpáz-független programozott sejthalálformája, amelyet először 2012-ben írtak le [7]. A ferroptózis egyedi, a többi sejthalálformától eltérő morfológiai és biokémiai markerekkel bír, továbbá specifikus induktorait (pl. erastin és RSL3), valamint gátlószereit (pl. ferrostatin-1) is azonosították már. A sejthalál folyamat a celluláris glutation erastin általi depleciójával, vagy a lipidperoxidok eliminációjában kulcsszerepet játszó glutation peroxidáz 4 (GPX4) enzim gátlásával váltható ki. A beinduló folyamatra – az indukció módjától függetlenül – fokozott ROS termelés, nagyfokú lipidperoxidáció és az intracelluláris szabad vas megemelkedése jellemző. Ezen tulajdonságainak köszönhetően a ferroptózis folyamata lipofil antioxidánsokkal (pl.: ferrostatin-1, liproxstatin-1, α -tokoferol) és vaskelátorokkal (pl.: deferoxamin) is felfüggeszthető [8].

Distéfano és munkatársai 2017-ben egy, a ferroptózishoz nagyon hasonló sejthalál folyamatot írtak le a növényeken [9]. A kutatók 10 percig tartó 55 °C-os hőkezelésnek vetették alá *Arabidopsis thaliana* gyökérszőröket, és azt találták, hogy a hőkezelés hatására sejtpusztulás következik be, valamint a glutation-szint csökkenését és a mitokondriumok zsugorodását figyelték meg, amely a ferroptózis egyedi morfológiai markere emlőssejtekben. A szerzők azt is kimutatták, hogy a hőstressz által kiváltott sejthalál mértéke a ferroptózis gátlószere ferrostatin-1-gyel vagy ciklopirox olaminnal (vaskelátor) előkezelt gyökérszőrök esetében szignifikánsan csökkent.

Ugyanezen inhibitoroknak azonban nem volt hatása erősebb, 77 °C-os hőstressz, H₂O₂ kezelés vagy sóstressz esetén. Nem volt hatása az inhibitoroknak a vaszkuláris differenciáció és a fejlődés során bekövetkező további programozott sejthalál folyamatokra sem. Ezek alapján arra következtetnek a szerzők, hogy a közepes mértékű hőstressz által kiváltott sejthalál egyedi folyamat a növényekben, és a ferroptózishoz mutatott nagyfokú hasonlósága alapján ferroptózis-szerű sejthalálnak nevezték el azt. Fontos azonban kiemelni, hogy a ferroptózis-szerű sejthalál, szemben az emlőssejtek kaspáz-független ferroptózisával, minden jel szerint egy kaspáz-szerű proteázfüggő folyamat (**1. ábra**) [9, 10, 11].



1. ábra. A ferroptózis-szerű sejthalál feltételezett mechanizmusa.

Az **1. ábrán** látható, hogy a ferroptózis-szerű sejthalál fontos eleme a nagymértékű lipidperoxidáció, amely bekövetkezhet lipoxigenáz (LOX) enzimek által katalizált módon, vagy nem enzimes módon. A nem enzimes lipidperoxidációért a nagyreaktivitású hidroxilgyök (HO•) felelős, amely a biotikus vagy abiotikus stressz hatására keletkező hidrogén-peroxid (H₂O₂) és az intracelluláris szabad vas reakciójából (Fenton reakció) keletkezik. Az említett tulajdonságok miatt a ferroptózis-szerű sejthalál felfüggeszthető vaskelátorokkal (pl. ciklopirox olamin (CPX); deferoxamin (DFO)), lipofil antioxidánsokkal (pl. liproxstatin-1 (Lip-1); ferrostatin-1 (fer-1)), valamint lehetséges, hogy lipoxigenáz gátlószerekkel (pl. nordihidro-gvajarétsav (NDGA)) is. Ferroptózis-szerű sejthalál kiváltható még a – fiziológias körülmények között is termelődő – lipidperoxidok eliminációjában szerepet játszó, feltehetően glutation peroxidáz enzimek RSL3 általi gátlásával is. A sejthalál lipidperoxidációt követő mechanizmusa még nem ismert, lehetséges azonban, hogy a lipidperoxidok fragmentációja révén keletkező reaktív karbonilvegyületek mediátor szereppel bírnak a sejthalál folyamatban a fehérjék karbonilációja, ezáltal funkciójuk megváltoztatása révén. Az egyik ilyen reaktív karbonilvegyület az akrolein, amelyről ismert, hogy a növényi programozott sejthalál folyamatokban szerepet játszó kaspáz-szerű proteázok aktivátora.

A ferroptózis és a ferroptózis-szerű sejthalál lipidperoxidációt követő pontos molekuláris mechanizmusa jelenleg még nem ismert. Ismert azonban, hogy a lipidperoxidok fragmentációja révén reaktív karbonilvegyületek keletkeznek, és lehetséges, hogy ezek részt vesznek a sejthalál kiváltásában a fehérjék karbonilálása és ezáltal funkciójuk megváltoztatása révén. Az egyik ilyen reaktív karbonilvegyület az akrolein, amely BY-2 dohánysejtekben glutation (GSH) depléciót és ROS termelést indukál, aktiválja a kaspáz-3-szerű proteázokat, majd végül sejthalált okoz [12]. Ezek az eredmények nagyban hasonlítanak a hőkezelés hatására bekövetkező ferroptózis-szerű sejthalál során megfigyeltekhez, így kutatócsoportunkban felmerült, hogy az akrolein mediátor szereppel bírhat a ferroptózis-szerű sejthalálban.

Munkánk során akroleinnel és az ismert ferroptózis induktor RLS3-mal kezeltünk *Arabidopsis thaliana* szuszpenziós sejtkultúrákat, ferroptózis gátlószerek jelenlétében és azok hiányában is [10]. Eredményeink azt mutatják, hogy az akrolein által kiváltott sejthalál szignifikáns mértékben csökkenthető az olyan ismert ferroptózis gátlószerekkel előkezelve a sejteket, mint a ferrostatin-1, a deferoxamin, az α -tokoferol, vagy a GSH. A ferroptózis induktor RLS3-mal kezelve az *Arabidopsis* sejteket hasonló inhibitor profilt kaptunk, mint az akrolein esetében, valamint a reaktív karbonilvegyület kötő dipeptid, a karnozin mind az akrolein, mind az RLS3 által kiváltott citotoxicitást szignifikánsan csökkenteni tudta. Mindezekből arra következtethetünk, hogy az akrolein által kiváltott sejthalál legalább részben a ferroptózis-szerű útvonalon történik. Az általános kaszpázinhibitor, a Z-VAD-FMK alkalmazásával pedig kimutattuk, hogy a ferroptózis-szerű sejthalárhoz a kaszpáz-szerű proteázok aktivitására is szükség van, amely fontos különbség az emlőssejtek kaszpázfüggetlen ferroptózisához képest (1. ábra).

5. Kitekintés

A Föld átlaghőmérsékletének emelkedésével feltehetőleg egyre nagyobb szerepet fog játszani a növények életében a hőstressz és a hőstressz hatására beinduló ferroptózis-szerű sejthalál. Ennek a sejthalál folyamatnak a tanulmányozásával és jobb megértésével lehetőségünk nyílna az azzal szembeni célzott védekezésre és így haszonnövényeink hőstressz-tűrő képességének növelésére.

Felmerülhet a kérdés, hogy a termotoleráns, sivatagi növények miképpen védekeznek a ferroptózis-szerű sejthalál ellen. Az USA és Mexikó sivatagjaiban élő kreozot bokor (*Larrea tridentata*) levelei például nagymennyiségű nordihidro-gvajarétsavat (NDGA) tartalmaznak, amely egy általános lipoxigenáz gátló hatású lignán. A ferroptózisról már korábban leírásra került, hogy a lipoxigenázok fontos szerepet játszanak a sejthalál folyamatban a lipidperoxidáció enzim katalízise révén, így a lipoxigenáz inhibitoroktól ferroptózis-gátló hatás várható. Emlőssejteken már igazolták is az NDGA ferroptózis-gátló hatását, növényeken azonban még nem végeztek ilyen irányú kísérleteket [13,14].

Ahogy azt fentebb említettük, a ferroptózis-szerű sejthalálnak szerepe van a patogén támadás esetén beinduló hyperszenzitív reakcióban is, így a ferroptózis-szerű sejthalál jobb megértése a hatékonyabb biopeszticidek fejlesztése szempontjából is kiemelt fontosságú lehet, így kutatásunk egyszerre segítheti az abiotikus és a biotikus stresszel szembeni védekezést is.

6. Köszönetnyilvánítás

A szerzők munkáját a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K 123752, 2018-1.2.1-NKP-2018-00005, RRF-2.3.1-21-2022-00015, és TKP2021-EGA-02. azonosítószámú pályázatai támogatták.

7. Irodalom

- [1] Livaja, M.; Zeidler, D.; von Rad, U.; Durner, J. (2008) Transcriptional Responses of *Arabidopsis Thaliana* to the Bacteria-Derived PAMPs Harpin and Lipopolysaccharide. *Immunobiology* **213**, (3–4), 161–171, doi: <https://doi.org/10.1016/j.imbio.2007.10.004>
- [2] Livaja, M.; Palmieri, M.C.; von Rad, U.; Durner, J. (2008) The Effect of the Bacterial Effector Protein Harpin on Transcriptional Profile and Mitochondrial Proteins of *Arabidopsis Thaliana*. *J. Proteomics* **71**, (2), 148–159, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2008.04.002>
- [3] Chuang, H. wen; Chang, P.Y.; Syu, Y. yu (2014) Harpin Protein, an Elicitor of Disease Resistance, Acts as a Growth Promoter in *Phalaenopsis* Orchids. *J. Plant Growth Regul.* **33**, (4), 788–797, doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-014-9425-1>
- [4] Choi, M.-S.; Kim, W.; Lee, C.; Oh, C.-S. (2013) Harpins, Multifunctional Proteins Secreted by Gram-Negative Plant-Pathogenic Bacteria. *Mol. Plant. Microbe. Interact.* **26**, (10), 1115–1122, doi: <https://doi.org/10.1094/MPMI-02-13-0050-CR>
- [5] Czobor, Á.; Hajdinák, P.; Szarka, A. (2017) Rapid Ascorbate Response to Bacterial Elicitor Treatment in *Arabidopsis Thaliana* Cells. *Acta Physiol. Plant.* **39**, (2), 62, doi: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2365-1>
- [6] Dangol, S.; Chen, Y.; Hwang, B.K.; Jwa, N. (2019) Iron- and Reactive Oxygen Species-Dependent Ferroptotic Cell Death in Rice- *Magnaporthe Oryzae* Interactions. *Plant Cell* **31**, (1), 189–209, doi: <https://doi.org/10.1105/tpc.18.00535>
- [7] Dixon, S.J.; Lemberg, K.M.; Lamprecht, M.R.; Skouta, R.; Zaitsev, E.M.; Gleason, C.E.; Patel, D.N.; Bauer, A.J.; Cantley, A.M.; Yang, W.S.; et al. (2012) Ferroptosis: An Iron-Dependent Form of Nonapoptotic Cell Death. *Cell* **149**, (5), 1060–1072, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.03.042>

- [8] Hirschhorn, T.; Stockwell, B.R. (2019) The Development of the Concept of Ferroptosis. *Free Radic. Biol. Med.* **133**, 130–143, doi: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.09.043>
- [9] Distéfano, A.M.; Martín, M.V.; Córdoba, J.P.; Bellido, A.M.; D'Ippólito, S.; Colman, S.L.; Soto, D.; Roldán, J.A.; Bartoli, C.G.; Zabaleta, E.J.; et al. (2017) Heat Stress Induces Ferroptosis-like Cell Death in Plants. *J. Cell Biol.* **216**, (2), 463–476, doi: <https://doi.org/10.1083/jcb.201605110>
- [10] Hajdinák, P.; Czobor, Á.; Szarka, A. (2019) The Potential Role of Acrolein in Plant Ferroptosis-like Cell Death. *PLoS One* **14**, (12), e0227278, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227278>
- [11] Distéfano, A.M.; López, G.A.; Bauer, V.; Zabaleta, E.; Pagnussat, G.C. (2022) Ferroptosis in Plants: Regulation of Lipid Peroxidation and Redox Status. *Biochem. J.* **479**, 857–866.
- [12] Biswas, M.S.; Mano, J. (2016) Reactive Carbonyl Species Activate Caspase-3-like Protease to Initiate Programmed Cell Death in Plants. *Plant Cell Physiol.* **57**, (7), 1432–1442, doi: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcw053>
- [13] Probst, L.; Dächert, J.; Schenk, B.; Fulda, S. (2017) Lipoyxygenase Inhibitors Protect Acute Lymphoblastic Leukemia Cells from Ferroptotic Cell Death. *Biochem. Pharmacol.* **140**, 41–52, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.06.112>.
- [14] Galluzzi, L.; Vitale, I.; Aaronson, S.A.; Abrams, J.M.; Adam, D.; Agostinis, P.; Alnemri, E.S.; Altucci, L.; Amelio, I.; Andrews, D.W.; et al. (2018) Molecular Mechanisms of Cell Death: Recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2018. *Cell Death Differ.* **25**, (3), 486–541, doi: <https://doi.org/10.1038/s41418-017-0012-4>.

Cell death in plant protection: improving the security of food supply by the means of molecular biology

Keywords: programmed cell death, harpin proteins, acrolein, ferroptosis-like cell death, heat stress

1. SUMMARY

An important topic in agriculture is the protection of plants against biotic stresses caused by pathogens and abiotic stresses caused by environmental factors. Traditionally, chemical pesticides are used to protect against pathogens, but they can be harmful to the environment and to our health. Thus, there is a strong need to replace them with environmentally friendly substances. Promising biopesticides could be the elicitor harpin proteins studied by our research group. These proteins induce immune responses in plants without an actual pathogen infection, thus increasing their resistance against them. Other beneficial effects of harpins have also been described, such as more intensive growth or higher yields. The mechanisms of action of these proteins are not yet fully elucidated. However, a better understanding could help develop more effective biopesticides. As the average temperature of the Earth rises, ferroptosis-like cell death induced by heat stress may also play an increasingly important role. Although this form of cell death was first described in 2017, its exact molecular mechanism is still unknown. Our results reviewed here suggest that reactive carbonyl species, including acrolein, may play a mediator role in it. Based on the literature, ferroptosis-like cell death is also involved in the hypersensitive response due to pathogen attack, so a better understanding of the cell death process may help protect plants against biotic and abiotic stresses.

¹ Budapest University of Technology and Economics, Laboratory of Biochemistry and Molecular Biology, Department of Applied Biotechnology and Food Science

2. Introduction

Protecting plants from biotic stress caused by pathogens and abiotic stress caused by adverse environmental effects is an important and increasing challenge for agriculture. Therefore, it has become important to understand the background biochemistry better. Thus, the development of new, more effective ways of plant protection and the enhancement of their stress tolerance could also be possible, thereby increasing the security of food supply.

3. Harpins in plant protection

Chemical pesticides can cause long-term and severe environmental effects. Therefore, efforts are being made to replace them with environmentally friendly biopesticides. One promising avenue for biopesticide development could be the use of the elicitors named harpin proteins. Harpins are acidic, heat-stable, cysteine-poor but glycine- and leucine-rich proteins produced by plant-pathogenic bacteria with a type III secretion system, such as *Pseudomonas syringae* and *Erwinia amylovora* [1, 2, 3]. When purified harpins are applied directly to plants at low concentrations (~100 nM) or expressed in plant cells, they induce the expression of immune response genes that make the plant more resistant to pathogens. In addition, other beneficial effects have been described in harpin-treated plants, such as higher yields and more intensive growth [4].

The exact cause of the beneficial effects of harpins is currently elusive. However, earlier results from our research group suggest that harpin treatment can induce biotic stress in *Arabidopsis thaliana* suspension cell cultures. This results in a so-called oxidative burst. In the course of this phenomenon the amount of reactive oxygen species (ROS) suddenly and significantly increases, which induces the antioxidant system of the cells. Our data indicated that the expression of VTC2 and 5 enzymes, which catalyze the rate-determining step of ascorbic acid biosynthesis, were increased. The expression and activity of L-galactono-1,4-lactone dehydrogenase (GLDH), that catalyzes the final step of the biosynthesis, were also increased. Presumably, as a result of the above, the ascorbic acid content of the harpin-treated cells was higher than that of non-treated cells. The activity of the enzymes of the ascorbate-glutathione cycle, which is a central element of the plant antioxidant system, is also enhanced [5]. Based on these, harpins can induce biotic stress in plants without an actual pathogen infection, which, among other things, induces the plant antioxidant system, thereby enhancing resistance to real pathogens.

4. The ferroptosis-like cell death

Harpin treatments at higher concentrations (>250 nM) induce hypersensitive response (HR) in plants [3, 4, 5]. HR in nature occurs when a plant is resistant to a particular pathogen (incompatible interactions). In this case, the immune system of the plant recognizes the pathogen and destroys its own attacked cells in a quick, programmed manner to protect the plant as a whole. In 2019, Dangol et al. reported that the HR during the incompatible reaction between rice (*Oryza sativa*) and the fungus *Magnaporthe oryzae* is characterized by lipid peroxidation and accumulation of ROS and ferric ions. However, treatment of the cells with the iron chelator deferoxamine or the lipophilic antioxidant ferrostatin-1 prevented the iron-dependent ROS accumulation and lipid peroxidation, leading to the complete attenuation of the HR cell death. On the base of these observations, Dangol et al. hypothesize that the so-called ferroptosis-like cell death is involved in incompatible plant-pathogen interactions [6].

Ferroptosis is a form of iron-dependent, caspase-independent programmed cell death in mammalian cells that was first described in 2012 [7]. Ferroptosis has unique morphological and biochemical features that differ from other forms of cell death, and its specific inducers (e.g. erastin and RSL3) and inhibitors (e.g. ferrostatin-1) have also been identified. The cell death process can be triggered by the depletion of cellular glutathione by erastin, or by the inhibition of the enzyme glutathione peroxidase 4 (GPX4), which plays a key role in the elimination of lipid peroxides. Regardless of the mode of induction, the initiated process is characterized by increased ROS production, lipid peroxidation and elevated cellular labile iron pool. Due to these properties, ferroptosis can be inhibited by lipophilic antioxidants (e.g. ferrostatin-1, liproxstatin-1, α -tocopherol) and iron chelators (e.g. deferoxamine). [8].

In 2017, Distéfano et al. described a cell death process in plants that is very similar to ferroptosis [9]. They treated *Arabidopsis thaliana* root hairs at 55 °C for 10 minutes and found that heat stress induced a decrease in glutathione levels, the shrinkage of mitochondria – a unique morphological marker of ferroptosis in mammalian cells – and cell death. The authors also showed that the rate of heat stress-induced cell death was significantly reduced in root hairs pretreated with the ferroptosis inhibitors ferrostatin-1 or ciclopirox olamine (iron chelator). However, the same inhibitors could not prevent cell death caused by 77 °C, H₂O₂ treatment or salt stress. The inhibitors also did not affect reproductive or developmental cell death. Based on these findings, the authors conclude that cell death induced by moderate heat stress is a unique process in plants and have named it ferroptosis-like cell death based on its high similarity to ferroptosis.

However, it is important to point out that ferroptosis-like cell death, in contrast to the caspase-independent ferroptosis of mammalian cells, appears to be a caspase-like protease-dependent process (**Figure 1**) [9, 10, 11].

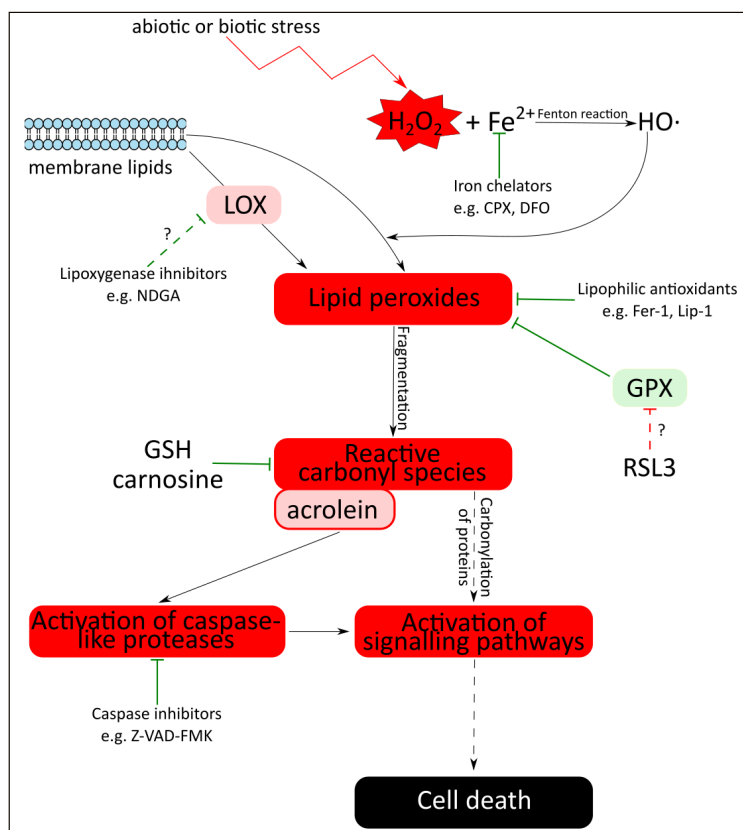


Figure 1. The putative mechanism of ferroptosis-like cell death.

As it can be seen on **Figure 1.**, an important element of ferroptosis-like cell death is increased lipid peroxidation, which can be catalyzed by lipoxygenases (LOX) or occur non-enzymatically. Non-enzymatic lipid peroxidation is due to the highly reactive hydroxyl radical (HO•), which is formed from the reaction of hydrogen peroxide (H₂O₂)—formed during biotic or abiotic stress— and intracellular free iron (Fenton reaction). Due to these properties, ferroptosis-like cell death can be inhibited by iron chelators (e.g. ciclopirox olamine (CPX); deferoxamine (DFO)), lipophilic antioxidants (e.g. liproxstatin-1 (Lip-1); ferrostatin-1 (Fer-1)), and possibly by lipoxygenase inhibitors (e.g. nordihydroguaiaretic acid (NDGA)). Lipid peroxides are also formed under physiological conditions. Thus, ferroptosis-like cell death can also be induced by inhibiting the enzymes (presumably glutathione peroxidases) involved in the elimination of lipid peroxides by RSL3. The mechanism of cell death following lipid peroxidation is not yet known. Still, it is possible that reactive carbonyl species formed by the fragmentation of lipid peroxides play a mediator role in the process of cell death by carbonylating proteins and thereby altering their function. One such reactive carbonyl species is acrolein, which is known to be an activator of caspase-like proteases involved in plant programmed cell death.

The exact molecular mechanism of ferroptosis and ferroptosis-like cell death following lipid peroxidation is currently unknown. However, it is known that the fragmentation of lipid peroxides results in the formation of reactive carbonyl species, and they may be involved in the induction of cell death by carbonylating proteins and thereby altering their function. One of these reactive carbonyl species is acrolein, which induces glutathione (GSH) depletion and ROS production, activates caspase-3-like proteases and eventually causes cell death in tobacco BY-2 cells [12]. These phenomena are similar to those observed during ferroptosis-like cell death induced by heat treatment. Thus, our research group hypothesized that acrolein might play a mediator role in ferroptosis-like cell death.

In our research, *Arabidopsis thaliana* suspension cell cultures were treated with acrolein or the known ferroptosis inducer RLS3, both in the presence and absence of ferroptosis inhibitors [10]. Our results showed that acrolein-induced cytotoxicity could be significantly reduced by pretreating the cells with known ferroptosis inhibitors such as ferrostatin-1, deferoxamine, α-tocopherol, or GSH. Treatment of *Arabidopsis* cells with the ferroptosis inducer RSL3 resulted in an inhibitory profile similar to that of acrolein. Furthermore, the reactive carbonyl species scavenger dipeptide, carnosine, significantly reduced the cytotoxicity induced by both acrolein and RSL3.

All these suggest that acrolein-induced cell death occurs, at least in part, via the ferroptosis-like pathway. Using the pan-caspase inhibitor, Z-VAD-FMK, we have shown that ferroptosis-like cell death also requires the activity of caspase-like proteases, which is a major difference compared to the caspase-independent ferroptosis of mammalian cells (Fig. 1).

5. Outlook

As the average temperature of the Earth rises, heat stress and heat stress-induced ferroptosis-like cell death are expected to play an increasingly important role in the life and death of plants. By studying and better understanding this cell death process, we may be able to develop targeted defences against it and thus increase the heat stress tolerance of our crops.

One may wonder how thermotolerant desert plants protect themselves against ferroptosis-like cell death. For example, the leaves of the creosote bush (*Larrea tridentata*), which grows in the deserts of the USA and Mexico, contain high levels of nordihydroguaiaretic acid (NDGA), a pan-lipoxygenase inhibitor lignan. It has been described earlier that lipoxygenases play an important role in ferroptosis through the enzymatic catalysis of lipid peroxidation. Thus, lipoxygenase inhibitors are expected to have an inhibitory effect on the cell death process. The inhibitory effect of NDGA on ferroptosis has already been demonstrated in mammalian cells, but has not yet been tested in plants [13,14].

As mentioned above, ferroptosis-like cell death is also involved in the HR during some pathogen attacks. Thus, a better understanding of ferroptosis-like cell death may be highly important for developing more effective biopesticides, hereby our research may help in the defence against both abiotic and biotic stresses.

6. Acknowledgement

This research was funded by the National Research, Development, and Innovation Fund of Hungary under Grants K 123752, 2018-1.2.1-NKP-2018-00005, RRF-2.3.1-21-2022-00015, and TKP2021-EGA-02.

7. References

- [1] Livaja, M.; Zeidler, D.; von Rad, U.; Durner, J. (2008) Transcriptional Responses of Arabidopsis Thaliana to the Bacteria-Derived PAMPs Harpin and Lipopolysaccharide. *Immunobiology* **213**, (3–4), 161–171, doi: <https://doi.org/10.1016/j.imbio.2007.10.004>
- [2] Livaja, M.; Palmieri, M.C.; von Rad, U.; Durner, J. (2008) The Effect of the Bacterial Effector Protein Harpin on Transcriptional Profile and Mitochondrial Proteins of Arabidopsis Thaliana. *J. Proteomics* **71**, (2), 148–159, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2008.04.002>
- [3] Chuang, H. wen; Chang, P.Y.; Syu, Y. yu (2014) Harpin Protein, an Elicitor of Disease Resistance, Acts as a Growth Promoter in Phalaenopsis Orchids. *J. Plant Growth Regul.* **33**, (4), 788–797, doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-014-9425-1>
- [4] Choi, M.-S.; Kim, W.; Lee, C.; Oh, C.-S. (2013) Harpins, Multifunctional Proteins Secreted by Gram-Negative Plant-Pathogenic Bacteria. *Mol. Plant. Microbe. Interact.* **26**, (10), 1115–1122, doi: <https://doi.org/10.1094/MPMI-02-13-0050-CR>
- [5] Czobor, Á.; Hajdinák, P.; Szarka, A. (2017) Rapid Ascorbate Response to Bacterial Elicitor Treatment in Arabidopsis Thaliana Cells. *Acta Physiol. Plant.* **39**, (2), 62, doi: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2365-1>
- [6] Dangol, S.; Chen, Y.; Hwang, B.K.; Jwa, N. (2019) Iron- and Reactive Oxygen Species-Dependent Ferroptotic Cell Death in Rice- Magnaporthe Oryzae Interactions. *Plant Cell* **31**, (1), 189–209, doi: <https://doi.org/10.1105/tpc.18.00535>
- [7] Dixon, S.J.; Lemberg, K.M.; Lamprecht, M.R.; Skouta, R.; Zaitsev, E.M.; Gleason, C.E.; Patel, D.N.; Bauer, A.J.; Cantley, A.M.; Yang, W.S.; et al. (2012) Ferroptosis: An Iron-Dependent Form of Nonapoptotic Cell Death. *Cell* **149**, (5), 1060–1072, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.03.042>
- [8] Hirschhorn, T.; Stockwell, B.R. (2019) The Development of the Concept of Ferroptosis. *Free Radic. Biol. Med.* **133**, 130–143, doi: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.09.043>
- [9] Distéfano, A.M.; Martín, M.V.; Córdoba, J.P.; Bellido, A.M.; D'Ippólito, S.; Colman, S.L.; Soto, D.; Roldán, J.A.; Bartoli, C.G.; Zabaleta, E.J.; et al. (2017) Heat Stress Induces Ferroptosis-like Cell Death in Plants. *J. Cell Biol.* **216**, (2), 463–476, doi: <https://doi.org/10.1083/jcb.201605110>
- [10] Hajdinák, P.; Czobor, Á.; Szarka, A. (2019) The Potential Role of Acrolein in Plant Ferroptosis-like Cell Death. *PLoS One* **14**, (12), e0227278, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227278>

- [11] Distéfano, A.M.; López, G.A.; Bauer, V.; Zabaleta, E.; Pagnussat, G.C. (2022) Ferroptosis in Plants: Regulation of Lipid Peroxidation and Redox Status. *Biochem. J.* **479**, 857–866.
- [12] Biswas, M.S.; Mano, J. (2016) Reactive Carbonyl Species Activate Caspase-3-like Protease to Initiate Programmed Cell Death in Plants. *Plant Cell Physiol.* **57**, (7), 1432–1442, doi: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcw053>
- [13] Probst, L.; Dächert, J.; Schenk, B.; Fulda, S. (2017) Lipoxygenase Inhibitors Protect Acute Lymphoblastic Leukemia Cells from Ferroptotic Cell Death. *Biochem. Pharmacol.* **140**, 41–52, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.06.112>.
- [14] Galluzzi, L.; Vitale, I.; Aaronson, S.A.; Abrams, J.M.; Adam, D.; Agostinis, P.; Alnemri, E.S.; Altucci, L.; Amelio, I.; Andrews, D.W.; et al. (2018) Molecular Mechanisms of Cell Death: Recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2018. *Cell Death Differ.* **25**, (3), 486–541, doi: <https://doi.org/10.1038/s41418-017-0012-4>.

Az élelmiszeripar helyzete és fejlesztési irányai

Kulcsszavak: élelmiszeripar, magyar élelmiszerkönyv, digitális élelmiszeripari stratégia, szabályozás, származás, magyar termék, FOPNL, imitátumok, GHP

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon az élelmiszeripar az 1800-as évektől napjainkig hosszú utat járt be és jelenleg is számos próbatétellel szembesül. Egy rendkívül heterogén, nagy létszámú ágazatról beszélünk, melynek egyedisége és sajátosságai jelentősen befolyásolják a jelenét és a lehetőségeit. Fejlődési lehetősége a hozzáadott érték növelése, a minőségi termékek irányába történő elmozdulás, a hazai, valamint az export piacokon történő helytállás. A fejlődési ütemét meghatározzák az egyes stratégiák, támogatások, szabályozási környezet a K+F+I lehetőségek, a fogyasztói igények és a kapcsolódó edukáció, a rendelkezésre álló alapanyagok elérhetősége és változása, a szigorú élelmiszer-biztonsági követelmények stb.

Cikkünkben a 100+10 év az élelmiszertudomány a 240 éves Budapesti Műszaki Egyetemen 2021. november 19-én elhangzott előadás alapján az élelmiszeripar múltját, jelenét és fejlesztési irányait mutatjuk be.

¹ Agrárminisztérium, Élelmiszergazdasági és -minőségpolitikai Főosztály

2. Élelmiszeripar rövid története

2.1. Élelmiszeripar rövid története a privatizációig

Ipari jellegű élelmiszer-előállításról a kiegyezés (1867) utáni időszakról kezdődően érdemes beszélni. Általánosságban az ipar, ezen belül pedig az élelmiszeripar is jelentős fejlődésen ment keresztül a 19. század második felében. A 20. század elején (1913) az összes foglalkoztatott 15 százaléka az élelmiszeriparban dolgozott, míg a termelési értékhez való hozzájárulás mértéke közel 40 százalékot jelentett. A cukoripar, a malomipar lendületet kapott, a szintén jól prosperáló gépiparral összefonódva világszínvonalú technológia volt jellemző ezekben a szakágazatokban Magyarországra. Az I. világháborúig lezajló változásokat a külföldi tőkével épülő üzemek megjelenése, illetve egy-egy nagybirtokhoz kapcsolódó élelmiszeripari fejlődés jellemezte. Az ágazat további fejlődését erősen determinálta (néhányik hatása a mai napig érződik) az infrastruktúra fejlesztése (Budapest központúság), a külföldi tőke jelenléte, a belkereskedelem és a hitelélet modernizációja.

Az I. világháború után elindult egy duális struktúrafejlődés, a termelés közel 80 százaléka nagyipari módszerekkel európai színvonalon valósult meg, a maradék pedig technikailag erősen heterogén kisüzemekben. A nagyüzemek export orientációja már ekkor felfedezhető, míg a kisvállalatok elsősorban a helyi ellátásra koncentráltak. Az élelmiszeripar akkori tevékenységét a különböző termelési folyamatok optimális kombinációjára irányuló törekvés jellemezte, például konzervipari üzem mellé mellékterméket feldolgozó szeszfőzde került, a cukorgyárakban keletkezett gőzzel pedig nemcsak cukorrépalé-besűritést, hanem paradicsomsűrítmény-előállítást is végeztek. Az 1930-as évek végére a hagyományos magyar exportterméken (bor) kívül olyan ismert és elismert márkák is léteztek már, mint például a Hertz, a Pick, a Zwack Unicum, vagy az Arany Fácán – ezek szintén jó exportcikkek voltak, főként a nyugat-európai piacokra.

Az 1945-ös földreform alapjaiban bontotta le a nagybirtokrendszert, ezáltal olyan agrárstruktúra jött létre, amely korlátozta a korszerű termelés megvalósítását. Azonban sikerült megvalósítani a földtulajdon és a földhasználat egységét. Az 1950-es években megkísérelt szovjet mintájú erőszakos kollektivizálás nem volt eredményes, így egy hazai változat került kialakításra. Az 1960-as években fokozatosan alakult ki a magyar agrármodell, korszerűsödött a mezőgazdaság és bővült a termelés.

Az 1945 és 1968 között fejlődő élelmiszeripart alapvető sajátosságok jellemezték:

- Helyreállították a háborús károkat, a termelés már 1949-ben meghaladta a háború előtti szintet, 1960-ig pedig megkétszereződött: 1959-ben az élelmiszeripar termelési értéke összesen 19,6 milliárd Ft-ot tett ki, az egész ipari termelés értékének kb. 22 százalékát adta. 1959-ben a gyümölcskonzerv-gyártó ipar 53 578 t konzervet, a húsipar 179 834 t nyers húst és 35 246 tonna zsírt, a baromfiipar 21 452 t vágott baromfit és 432 millió db tojást, a tejipar 2 512 000 hl fogyasztói tejet, 16 531 t vaját, 13 732 t sajtot, a cukoripar pedig 320 890 t cukrot állított elő. 1959-ben a minisztériumi élelmiszeripar kb. 75 ezer, a helyi élelmiszeripar 28 ezer dolgozót foglalkoztatott;
- Felszámolták a magántulajdont, az állami tulajdon dominált – szocialista nagyüzemeket hoztak létre, melyek részben félkész élelmiszereket, részben élelmiszerkészítményeket állítottak elő;
- Megszűnt a vállalati gazdálkodás önállósága, beindult a tervgazdálkodás;
- Nőtt a termelés mennyisége;
- Új technológiák jöttek létre, ezáltal új szakágazatok nyertek létjogosultságot;
- Kialakult az élelmiszeripar gyártmány- és gyártásfejlesztési tudományos bázisa szakágazatonként szervezett kutatóintézeti hálózat formájában.

Az 1969-1991 közötti időszakra a magyar élelmiszeriparban az alábbi folyamatok voltak a jellemzőek:

- A magyar mezőgazdaság termelési színvonala jelentősen emelkedett;
- A Szovjetunió tartósan élelmiszerhiánnyal küzdött, így kezdeményezte a termelés szakosítását, vagyis a kétoldalú államközi intézmények révén tartós piacot biztosítottak a magyar termékeknek;
- Gazdasági célkitűzés volt az életszínvonal javítása, a belföldi élelmiszerfogyasztás növelése;
- Változott a gazdaságirányítási rendszer, ennek hatására nőtt a vállalati önállóság, bár a központi költségvetés ugyanúgy elvonta és újraosztotta az eredményeket;
- Az 1980-as évek közepéig az élelmiszeripari termelés mennyisége folyamatosan emelkedett, 35-40 százalék többletet állított elő, amelyet külföldön értékesítettek (állami támogatásban részesült).

Az élelmiszeripar 1980-ig tartó folytonos növekedése gazdaságilag nem volt megalapozott, a fejlesztések pénzügyi alapjainak hiánya mellett a minőségi fejlesztés is hiányzott. A magyar élelmiszeripar extenzív fejlesztésének lehetőségei az 1980-as évek végére végérvényesen kimerültek.

2.2. Az élelmiszeripar a privatizációtól

Az 1980-as évek végén, 1990-es évek elején bekövetkezett gazdasági és társadalmi változások alapjaiban rázták meg az élelmiszeripart. A termelés szintje 10-15 évet esett vissza. A legfőbb problémát az okozta, hogy a vállalatok jelentős része előtte nem volt kitéve a piaci folyamatoknak, az ehhez való alkalmazkodás kényszerének. A legfőbb problémák a tervgazdálkodási előírások miatt az alacsony hatékonyságú mennyiség centrikus termelés és a biztosnak tűnő piacok illúziójából fakadtak.

A privatizáció során szakmai és pénzügyi befektetők egyaránt megjelentek. Mivel a magyar élelmiszeripar jövedelmezősége alacsony volt, főleg szakmai befektetők érdeklődtek. Azokban a szakágazatokban, ahol biztos belföldi piac volt, egyszerű gyártástechnológia állt rendelkezésre vagy könnyen lehetett automatizálni a műveleteket, illetve ahol biztosított volt az alapanyag ellátás, ott könnyen lehetett privatizálni, míg például a szovjet piacra alapozó konzerviparban, vagy a már akkor nagy versennyel működő sütőiparban kevés volt a befektető. A privatizáció teljes mértékig átalakította az élelmiszeripar tulajdoni szerkezetét, az állami vagyont teljesen visszaszorult, helyette a külföldi tőke jelenléte dominált. A foglalkoztatottak létszáma jelentősen esni kezdett, mert:

- az újonnan létrejött vállalatokat már nem kötötte a foglalkoztatási kötelezettség;
- néhány szakágazatban lényegesen csökkent a termelés volumene, azáltal az élők munkára igény is;
- az automatizált szakágazatokban is kevesebb élők munkára volt igény (édesipar, sörgyártás, cukoripar, olajgyártás, dohányipar);
- némely tevékenységek (karbantartás, étkeztetés, őrzés stb.) „kiszerveződtek”.

A privatizáció időszakát követően az élelmiszeripar folyamatosan veszített jelentőségéből, kibocsátása a nemzetgazdaság egészéhez viszonyítva 1992-ben még 12,5 százalék volt, ez 2003-ra kevesebb, mint 9 százalékra esett vissza. Hasonló tendencia figyelhető meg az élelmiszeripar által értékesített termékek árbevételének nagysága tekintetében is. Az élelmiszeriparban foglalkoztatottak száma is folyamatos csökkenést mutatott, míg az 1990-es évek elején a nemzetgazdaság közel 9 százalékát foglalkoztatta az ágazat, addig 2003-ra már csak 5,8 százaléknak biztosított munkát. A legjelentősebb foglalkoztató szakágazat a sütőipar, a húsipar, a baromfi hús feldolgozás és a tejtermék gyártás volt.

A vizsgált időszak jellemzője volt a működő élelmiszeripari vállalkozások aprózódása, míg a létszám folyamatosan csökkent, addig a gazdaságok száma ezzel párhuzamosan egyenesen nőtt. Ennek oka a „szocialista nagyvállalatok” megszűnése, átalakulása, az újonnan létrejövő vállalatok piaci viszonyokhoz történő alkalmazkodása, a mérethatékonyság szem előtt tartása volt.

Az élelmiszeripar teljesítményét, gépesítettségét, exportorientációját meghatározza az adott cégek tulajdonosi relációja. Domináns összetevő jegyzett tőkén belül a külföldi tőke, az állami tulajdon és a belföldi társas vállalkozások tulajdona, azok alakulása. E három tényező adta – évektől függően – a jegyzett tőke 80-90 százalékát. Az állami tulajdon közel 45 százalékról pár százalékra csökkent, így aránya ma már szinte elhanyagolható. Ezzel ellentétben a külföldi tőke, illetve a belföldi társas vállalkozások részesedése folyamatosan emelkedett. A külföldi tőke 1992-ben 31,7 százalékos részesedéssel bírt a jegyzett tőkén belül, 1995-ben meghaladta az 50 százalékot, 1997-ben pedig már a 60 százalékot is. Ezután elkezdődött a csökkenés, ami különösen meredek volt 2002 után [1].

2.3. Aktuális helyzet

Az élelmiszeripar egy rendkívül népes és heterogén ágazat, több mint 4 ezer vállalkozás 33 szakágazatba sorolva folytat termelést. Jellemző a területre a már az 1800-as években megismert duális szerkezet, vagyis egyszerre vannak jelen a mikro- és kisvállalatok, melyeknek a helyi ellátásban, a piaci rések betöltésében van szerepe, illetve a közepes- és nagyvállalatok, melyek képesek homogén és nagy mennyiségű árualapot előállítani, ezáltal a kiskereskedelmi láncok polcain és az exportban megjelenni.

Az ágazatban a vállalatok száma és a foglalkoztatás az elmúlt években folyamatosan csökken, ugyanakkor a hatékonyság növekszik, a teljes ágazati árbevétel meghaladja a 4 ezer milliárd Ft-ot, az élelmiszeripar nyeresége pedig többszörösére növekedett. Az ágazat termékeiknek fontos szerepe van, a hazai fogyasztók jövedelmük 30 százalékát költik élelmiszeripari termékekre és a külpiacok is meghatározóak, az ágazat bevételének több mint harmada exportértékesítésből származik. Az ágazat teljesítményében, eredményeiben történő pozitív elmozdulás egy ígéretes tendencia, ugyanakkor elsősorban saját magához képest tudott növekedést elérni, más feldolgozóipari ágazatokhoz, illetve a nemzetközi élelmiszeriparhoz képest azonban még lemaradásban van.

Egy iparág akkor lehet sikeres, ha a hazai piacokon és a nemzetközi porondon is helyt tud állni. Ehhez elengedhetetlen a terület sajátosságainak ismerete, a kapcsolódó célirányos beavatkozások és fejlesztések. Az élelmiszeripar annak ellenére, hogy a feldolgozóipar része, teljesen más sajátosságokkal rendelkezik, mint más ágazatok. Az agrárium szerves részeként önállóan nehezen értelmezhető, ezért a teljes élelmiszerláncot érdemes elemezni és vizsgálni. Az alapanyagigénye révén szoros szimbiózisban van a mezőgazdasággal, emellett más iparágak teljesítménye (csomagolóanyagok, adalékanyagok stb.) is befolyásolja a kibocsátást. Működése során egyaránt szembesülnek az ágazati szereplők hazai és nemzetközi elvárásokkal is. Itthon a fogyasztók részéről például egyértelmű igény a minőségi, lehetőleg hazai termékek széles kínálatának megléte, amelyhez hozzájárul az is, hogy a szereplők részéről is felmerült az igény a magasabb hozzáadott érték előállítására és a működési hatékonyság fokozására – ami egyben az exportképességet is ösztönzi. Nemzetközi szinten az Európai Unió elvárások, jelenleg leginkább a *Farm to Fork* stratégia-F2F (*Termőföldtől az Asztalig Stratégia*) formálódó elemei azok, melyek hosszú távon fogják befolyásolni az ipar versenyképességét, nemzetközi lehetőségeit. Emellett horizontálisan, a teljes lánc mentén végigkíséri a tevékenységet a szabályozási, a finanszírozási környezet, a tudomány-oktatás eredményei és a hatóság jelenléte [2].

2.4. Nemzetközi környezet – F2F

2020. május 20-án jelent meg az Európai Zöld Megállapodás fenntartható élelmiszerrendszerre történő átállást irányítani hivatott eleme, a *Termőföldtől az asztalig stratégia* (F2F) bizottsági közlemény. Az Európai Zöld Megállapodás és a *Termőföldtől az asztalig stratégia* élelmiszerrendszer számos dimenziójával foglalkozik, az állattenyésztéstől és a növénytermesztéstől kezdve az élelmiszer jelölésén át a nemzetközi kereskedelemig.

Az F2F stratégia célja az élelmiszerrendszerek fenntarthatóbbá tétele a környezetre gyakorolt negatív hatások csökkentése.

Annak érdekében, hogy a fogyasztók felelős módon „egészséges” és fenntartható élelmiszereket választhassanak, a Bizottság célul tűzte ki a főlátómezős tápértékjelölés (FOPNL - Front of Pack Nutritional Labelling) harmonizált kötelező bevezetését illetve a származásjelölési előírások kiterjesztésére tesz javaslatot az egységes piacra gyakorolt hatások teljes körű figyelembevételével.

Az EU élelmiszer-környezetének javítása és az „egészségesebb” étrendre való átállás elősegítése érdekében a Bizottság folytatni kívánja továbbá a tápanyagprofilok kidolgozását, amelyek korlátozzák a magas zsír-, cukor- és sótartalmú élelmiszerek népszerűsítését a tápanyag-összetételre vagy az egészségre vonatkozó állítások révén.

A stratégiában kitűzött célok megvalósításához megfelelő eszközökre, támogatásokra, szabályozásra, van szükség a versenyhátrány elkerülése érdekében [3].

2.5. Hazai helyzet

Az élelmiszeripar folyamatosan növekvő hatékonysága és eredményessége egy folyamatos tendencia. Nemcsak nominál értéken, de reáláron is nőttek az eredmények.

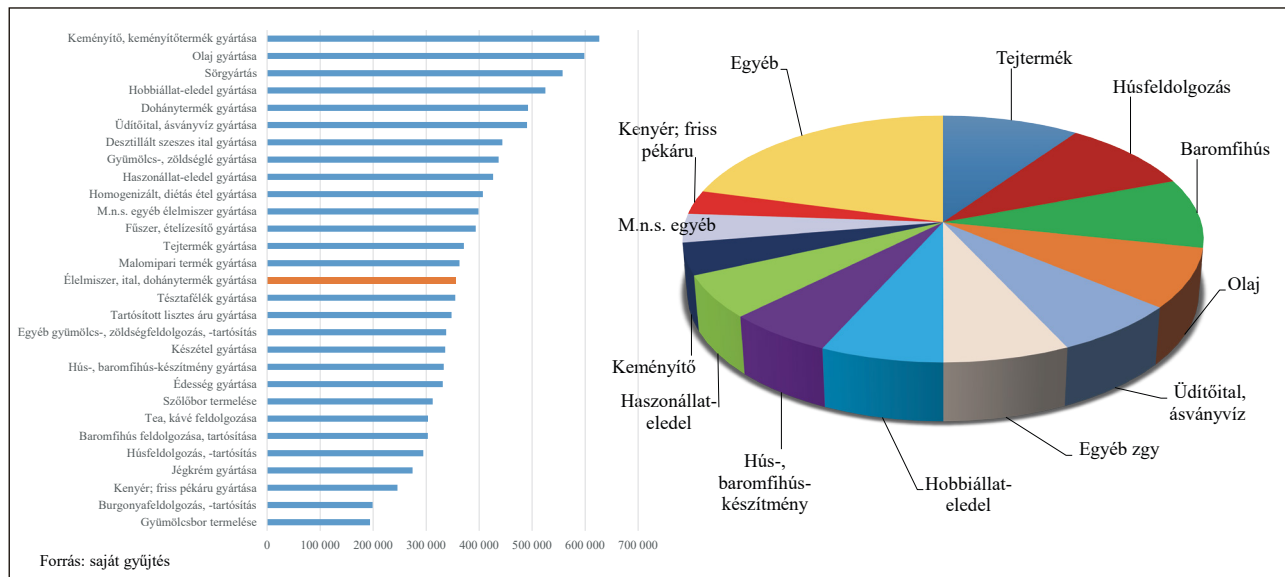
1. táblázat. Magyarország élelmiszeriparának eredményei 2010-2021

Mutató	Időszak	Mértékegység	2010	2021	2010-2021 (%)
Összes értékesítés	január-november	milliárd Ft	1876	4017	214,1%
Export értékesítés	január-november	milliárd Ft	592	1721	290,7%
Munkatermelékenység (egy alkalmazásban lévőre jutó termelési érték)	január-október	Ft/fő folyó áron	17,1	37,1	216,8%
Munkatermelékenység (egy alkalmazásban lévőre jutó termelési érték)	január-október	Ft/fő változatlan áron	17,1	24,1	140,9%

Még a COVID első hullámai alatt tapasztalt nehézségek és korlátok ellenére is tudott az ágazat növekedni – ez az exportértékesítésnek volt köszönhető **1. táblázat**. A vállalatok mintegy ötöde végez exporttevékenységet, ezek jellemzően közepes és nagyvállalatok, ezért is mondható el az, hogy a foglalkoztatás 80 százaléka, a teljes ágazati árbevétel több mint 90 százaléka ezekhez a cégekhez köthető. Biztos exportalapot termelnek azok a szakágazatok, ahol a jó minőségű, hazai alapanyagra lehet építeni a feldolgozást. Ezek azok, amelyek a termelési értékhez is jelentős mértékben járultak hozzá: húsipar, tejipar és zöldség-gyümölcs feldolgozás az, ami leginkább érintett.

Ugyanakkor az eltérő szakágazatokhoz eltérő alapanyaghelyzet, jövedelmi viszony, tulajdonosi szerkezet és teljesítmény tartozik:

- Az élelmiszeripari keresetek dinamikusan növekedtek az elmúlt években, de a nemzetgazdasági átlagtól egyelőre elmarad. Az iparágon belül pedig jelentős a szórás: vannak olyan szakágazatok, ahol a bruttó 200 ezer Ft összeg körüli fizetés az átlagos és vannak olyanok is (elsősorban a jól gépesített területek), ahol meghaladja a havi bruttó 600 ezer Ft-ot (**1. ábra**);



1. ábra. Élelmiszeripari szakágazati bér eloszlása

- A feldolgozóiparhoz közel 25 ezer vállalkozás tartozik, ezen belül közel 4 ezer az élelmiszeriparhoz. A korábbi évek értékeihez hasonlóan számuk alapján a mikro- és kisvállalkozások dominálnak, együtt a vállalkozások több mint 90 százalékát adják, ugyanakkor az ágazat működése szempontjából a közép- és nagyvállalkozások a meghatározóak. Ennek a két csoportnak a részesedése nem éri el a 10 százalékot (bár arányuk növekszik a csökkenő mikrovállalati szám miatt), ennek ellenére ezek a cégek biztosítják a teljes belföldi árbevétel több mint 80, az exportárbevétel 2020-ban már több mint 90 százalékát – ennek köszönhetően az élelmiszeripari nyereség döntő többségét. Munkát biztosítanak az ágazati dolgozók több mint 70 százalékának, és náluk koncentrálódik az ágazati vagyon közel 80 százaléka;
- A külföldi tőke jelenléte fontos az ágazatban, habár a vállalkozások 91 százaléka 100 százalékban hazai tulajdonban van. A külföldi tőke közepes- és nagyvállalatok esetében jellemző, így export tekintetében, illetve homogén és nagy mennyiségű árualap előállításánál figyelembe kell venni ezeket a kapacitásokat. Tekintettel arra, hogy más és más a vállalati kultúra, az értékesítés iránya és sajátossága, az innovációs hajlandóság, így a szabályozás és a támogatási rendszer kialakításánál ezeket szem előtt kell tartani.

3. Eszközök

3.1. Élelmiszeripar támogatottsága

Az élelmiszeripar támogatása összetett. A 2020. év végén lezárt, 2014-2020 közötti időszakra jellemző, hogy operatív programokból és hazai finanszírozásból is származott forrás az ágazat számára. A vállalkozások méretüktől (pl.: nagyvállalatok számára uniós forrás minimálisan, korlátozással áll rendelkezésre) és az előállított termékük jellegétől (annex, non annex termékek) függően eltérő lehetőségekkel rendelkeznek.

3.1.1. Hazai forrásból finanszírozott támogatások 2014-2020:

- A Pénzügyminisztérium által koordinált Nagyvállalati Beruházási Támogatás (NBT) program azért jött létre, mert szükséges azon tőkehiányos hazai nagyvállalatok, illetve a tervezett beruházás hatására a nagyvállalati méretkategóriát elérő kis- és középvállalkozások beruházásainak támogatása, amelyek jelentős mértékben járulnak hozzá a magyar gazdaság – ezen belül is a feldolgozó- és építőipar – növekedéséhez és modernizációjához. A program 2015-ben indult, minden évben volt élelmiszeripari érintettsége;

- A Külgazdasági és Külügyminisztérium (KKM) által működtetett Beruházás Ösztönzési Célelőirányzat (BÖC) célja a magyar gazdaság versenyképességének javítását eredményező, munkahelyeket teremtő működő tőke bevonását szolgáló projektek támogatása;
- A koronavírus járvány gazdasági hatásainak ellensúlyozása érdekében:
 - A Gazdaságvédelmi Akcióterv részeként, az Agrárminisztérium által kidolgozott 8 mrd Ft-os keretösszegű Nemzeti Élelmiszer-gazdasági Válságkezelő Programból (NÉVP) 1457 élelmiszerfeldolgozást végző vállalkozás közel 6,8 mrd Ft támogatást kapott;
 - A KKM által meghirdetett, és a HIPA Nemzeti Befektetési Ügynökség Nonprofit Zrt. lebonyolításában megvalósuló versenyképesség-növelő támogatási program (VNT) is adott forrást az ágazatnak.

3.1.2. Operatív programok támogatásai:

- A Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Programból (GINOP) több jogcímen is pályázhattak élelmiszeripari vállalatok, például technológiai innovációra, foglalkoztatás ösztönzésre, hatékonyságnövelésre, magasabb hozzáadott értékű termékek előállítására vagy akár kapacitásbővítésre vagy K+F tevékenység fejlesztésére;
- A Vidékfejlesztési Programhoz (VP) az annex terméket előállító mezőgazdasági termelők nem minősülő mikro- és kisvállalkozások, valamint a mezőgazdasági termelők kapcsolódnak. Dedikált felhívások segítették az ágazat szereplőinek forráshoz jutását;
- VP és GINOP forrásból származik a támogatások közel háromnegyed része, de az EU-s forrásokból csak mérsékeltén támogatható nagyvállalati kör (NBT), illetve a jellemzően közepes- és nagyvállalatokat érintő exportösztönzés (BÖC) támogatási értékei is relevánsak az ágazat számára.

Kettős cél szerepelt a 2021-2027-es forrás tervezésénél:

- Hazai piacok visszaszerzése;
- Exportképesség fokozása.

Ehhez forrás is társul.

A 2014-2020-as támogatási időszakban az ágazat számára több mint 468 mrd Ft forrás megítélésére került sor hazai és EU-s forrásból. Ez a korábbiakhoz képest egy kimagasló összeg volt, ami segítséget is tudott nyújtani az ágazat szereplőinek abban, hogy az életképes vállalkozások növekedési pályára állhassanak. A mostani (2021-2027-es) támogatási időszak még ennél is nagyobb forrással tervez, csak a VP-ből 750 mrd Ft került elkülönítésre az élelmiszeripari fejlesztésekre. A fejlesztési irányok tervezéséhez az ipari szereplőkkel, érdekképviselőkkel történő több körös egyeztetés után a következő beavatkozási pontok rajzolódtak ki:

- a robotizáció, modernizáció preferálása révén hatékonyabb, jövedelmezőbb termelési szerkezet alakulhat ki, a magasabb hozzáadott értékű termékek itthoni előállítása révén pedig kedvezően változhat az export-import szerkezete;
- az ipar fejlesztésének akkor van értelme, ha a megtermelt termékek iránt jelentkezik fogyasztói igény. Ehhez nagyon fontos, hogy a fogyasztók jól tájékozottak, tudatosak legyenek, ennek eléréséhez azonban szükség van olyan szemléletformáló kampányokra, vagy védjegyekre, melyek orientálhatják a döntéseket;
- mindemellett megkerülhetetlen az erőforrás-hatékonyság növelése, a környezeti terhelés csökkentése, illetve a munkaerő, szakképzettség kérdéskörének beemelése a preferenciák közé;

A korábbi támogatási időszakoktól eltérően 2021-2027-re az jellemző, hogy az élelmiszeripar támogatása egy helyen, összehangoltan kerül kialakításra. A kimagasló arányú nemzeti forrásnak köszönhetően már 2021-ben megnyílt két dedikált keret az ágazatnak, egy kis értékű tárgyi eszköz beszerzés és egy 320 mrd Ft-os keret, amely komplex fejlesztéseket támogatott és akár 5 mrd Ft vissza nem térítendő támogatásra is lehetett pályázni. A korábbi felhívásokból kimaradt a takarmánygyártás, de mivel az élelmiszeriparhoz tartozik, és jellemzően hazai alapanyagra építő, jelentős exportértéket képviselő alágazatról van szó, így külön a számukra is készült felhívás.

Mindezek mellett vannak olyan jellegű, mezőgazdasági termelőknek és élelmiszeriparnak szóló felhívások is, melyek egy-egy részterületen keresztül biztosítanak lehetőséget fejlesztésre, fejlődésre. Ilyenek például a minőségrendszerekhez kapcsolódó felhívások. A minőségrendszerek keretében előállított termékek magasabb minőséget képviselnek, mint a jogszabályok által támasztott minimum követelményeknek megfelelő, más, hasonló termékek. A minőségrendszerekhez tartozó intézkedések célja elősegíteni, hogy az Európai Unió és Magyarország által elismert minőségrendszerek keretei között előállított termékek ismertek és elismertek legyenek a vásárlók körében és az előállítók pedig hatékonyabban tudják értékesíteni azokat.

Az oltalom alatt álló megnevezésekhez kapcsolódó termékek mellett jelenleg egy darab, államilag elismert és az EU által is notifikált minőségrendszer van Magyarországon, a *Kiváló Minőségű Élelmiszer* védjegyrendszer.

A 2021-ben már meghirdetésre került két felhíváshoz hasonlóan 2023-ban és 2025-ben tervezzük megismételni ezeket, a beérkezett tapasztalatokat figyelembe véve esetlegesen átalakítva a felhívásokat. A cél a magasabb hozzáadott értékű termékek előállítására, jobbat, biztonságosabb és hatékonyabban működő élelmiszeripari vállalatok megléte, az exportképesség növekedése és a mérséklődő import is.

3.2. Aktualitások

3.2.1. Magyar Élelmiszerkönyv

Az iparfejlesztés során legfőbb célunk, hogy biztosítsuk az élelmiszerek kiváló minőségét, ugyanakkor visszaszorítsuk a rossz, gyenge minőségű élelmiszerek piacát. A vásárlói tudatossághoz és felelősségvállaláshoz hiteles forrásból származó tudnivalók szükségesek, ebben nyújt segítséget a Magyar Élelmiszerkönyv. Ennek egyik fő célja az iránymutatás, mind a gyártók felé, mind a fogyasztók irányában, de így tudjuk hatékonyan biztosítani a nemzetközi kereskedelem zavartalanságát, a piaci verseny tisztaságát, érvényesíteni a nemzeti sajátosságokat. Ezért kiemelt feladatunk a Magyar Élelmiszerkönyv előírásainak és irányelveinek folyamatos felülvizsgálata, módosítása.

A Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság és Szakbizottságainak korábbi működési, gyakorlati tapasztalatai és az élelmiszeripari szereplők javaslatai alapján indokolt volt a testület összetételét a működőképesség figyelembevételével olyan módon megváltoztatni, hogy az élelmiszeripari vállalkozások nagyobb arányban legyenek képviselve. Ennek hatására változott az Élelmiszerkönyvi Bizottság és Szakbizottságainak működése, összetétele, átláthatóbbá, gördülékenyebbé tettük a munkát, nagyobb hangsúlyt kaptak az ipari jelenlét. Szakmai szempontból elmondható, hogy az új szabályozások kialakítása során a magas minőség került fókuszba.

A 2010-es években jelentős változást hozott a húskészítmények és sütőipari termékek előírásában történt változás, az idei év a tejtermék előírás megújulását hozta, de folyamatban van a húskészítmények esetében további változtatás, valamint a gyorsfagyasztott gyümölcsök és zöldségek élelmiszerkönyvi szabályozásának átfogó módosítása.

3.2.2. Digitális Élelmiszeripari Stratégia

Az élelmiszeripar a termelési értéket tekintve Európában az első, Magyarországon a harmadik legnagyobb ágazat. Szerepe a foglalkoztatásban is meghatározó, egyben a mezőgazdasági eredetű erőforrások jelentős felhasználója. Ezért a termelékenység és a hatékonyság növelése az élelmiszeriparban is rendkívül fontos, és erre az Ipar 4.0 és a digitalizáció alkalmazása számos új lehetőséget kínál. Ezáltal új termékek, új szolgáltatások, új megoldások és megközelítések érhetőek el az erőforrások hatékonyabb felhasználása, a minőségi paraméterek javítása, új képességek és kompetenciák létrehozása által. Mindezek hatására akár javulhat a hazai előállítású élelmiszerek nemzetközi versenyképessége is.

2019-ben megkezdődött a Digitális Élelmiszeripari Stratégia készítése, melyben tárcaközi szintű együttműködéssel, egyetemi és egyéb tudományos szakmai műhelyekkel, érdekképviselletekkel és szakmai szervezetekkel közösen dolgoztunk. Készült egy általános felmérés az ágazat jelenlegi digitális helyzetéről, meghatározásra kerültek a beavatkozási pontok és a cselekvési irányok – ezek hatása a következő években mérhető majd, amelyet 2022 novemberében el is fogadtak.

3.3. Egyebek (kutatások, horizontális szabályozások, részterületek)

3.3.1. Szabályozás, származás, magyar termék

Az élelmiszerjelölés összetett terület, amely az élelmiszer csomagolásán található információkon felül az élelmiszerekhez kapcsolódó reklámokat, a termékek csomagolási módját, megjelenítését, és kiállítási kellékeit is magába foglalja. Az élelmiszerjelölés feladata, hogy objektív, pontos és valósághű tájékoztatást nyújtson a termékről a fogyasztónak.

A származás jelölés kérdése egyre inkább előtérbe kerül, amelyet az is mutat, hogy az elmúlt húsz évben az Európai Unió harmonizált élelmiszer-szabályozásban, mind pedig a tagállami szabályozásokban egyre több jogszabály jött létre kötelező és önkéntes származás jelölés témakörében.

Számos élelmiszer esetében (pl.: marhahús, borjúhús, hal, zöldség és gyümölcs, méz, olíva olaj stb.) kötelezően előírt a származás jelölés, míg más esetekben a származás jelölés akkor kötelező, ha feltüntetésének elmulasztása félrevezetné a fogyasztókat, vagy ha feltüntetésre kerül az élelmiszer származási országa, azonban ettől az információtól eltér az elsődleges összetevő származása. A származás élelmiszer jelölési szempontból történő meghatározása termék specifikus szabályok vagy ennek hiányában horizontális szabályok által történik.

Az élelmiszerek származás jelölésének szabályozása bizonyos esetekben szorosan összefonódik az Unió Vámkódexben meghatározottakkal [4].

Magyarországon önkéntes jelölési jogszabály van hatályban az egyes önkéntes megkülönböztető megjelölések élelmiszereken történő használatáról szóló, a Vidékfejlesztési Minisztérium 74/2012. (VII.25.) VM rendelete (továbbiakban: VM rendelet) által meghatározott módon, amely definiálja a „magyar termék”, a „hazai termék” és a „hazai feldolgozású termék” fogalmakat, és a hozzájuk kapcsolódó követelményeket, de nem ír elő védjegy vagy logó használati kötelezettséget. A nevezett három kategória a felhasznált alapanyagok tekintetében információt ad a fogyasztónak arról, hogy a termék kizárólag vagy részben származik-e Magyarországról, vagy csak a feldolgozás történt hazánkban. A VM rendelet a termék átlagosnál magasabb minőségi fokozatára vagy különleges minőségi tulajdonságaira utaló állításokat is szabályozza [5].

A hazai és nemzetközi kutatások azt mutatják, hogy a fogyasztók körében egyik legkeresettebb jelölési elem a származásra vonatkozó információ. A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, a magyar lakosság körében végzett felmérése szerint a válaszadók 82,12%-a figyel arra, hogy magyar élelmiszert vásároljon, ebből 56,32% minden vásárlása során szem előtt tartja, a termék származását mielőtt dönt, 25,80% azonban csak bizonyos termékek esetén, a felnőtt korú lakosság 17,88%-ának nem számít a termék származása [6].

3.3.2. Frontoldali tápértékjelölés – FOPNL (Front of Pack Nutritional Labelling)

A fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról szól az Európai Parlament és Tanács 1169/2011/EU rendelete (továbbiakban: jelölési rendelet) szerint a tápértékjelölés általánosan kötelező (energiatartalom, zsír, telített zsírsavak, szénhidrát, cukor, fehérje, só) 2016.12.13-tól az előre csomagolt élelmiszerek túlnyomó többségénél, annak érdekében, hogy a fogyasztók tájékozott és egészségtudatos döntést hozhassanak. A kötelező tápérték jelölés általában az élelmiszerek csomagolásának hátoldalán találhatóak. A jelölési rendelet értelmében a tápérték jelölés meghatározott elemei ismételhetők a fő látómezőben, két módon: a.) energia vagy b.) energia és zsír, telített zsírsav, cukor, só.

A jelölési rendelet a kötelező megjelenítésen felül, grafikus formák, szimbólumok használatát is megengedi. Az ilyen rendszereknek a legfőbb célja, hogy a fogyasztót segítse az egészségesebb táplálkozás irányába [7, 8].

A csomagolások elején található önkéntes FOPNL EU szinten nem harmonizált, így számos ilyen jelölési rendszer található az EU piacán [8], amelyek megjelenítési formái között különbségek vannak, céljuk is eltérő, így egymással nem összehasonlíthatók, hiszen teljesen más elven alapulnak.

Napjainkban a tápérték jelölésen belül az FOPNL jelöléseket folyamatos és állandó érdeklődés kíséri nemzeti, EU és világviszonylatban is. A táplálkozástudomány évről-évre fejlődik, így szükség van arra is, hogy a jogszabályok ezen változásokhoz igazodjanak.

A FOPNL tápérték jelölés összetett és egyben érzékeny terület, ezért fontos látni, hogy az egyes tagországokban, alkalmazott rendszerek milyen hatással lehetnek a hazai élelmiszeriparra. Ezen célok megvalósítása érdekében az Agrárminisztérium Élelmiszergazdasági és- minőségpolitikai Főosztály tanulmánya 8 termékkategórián belül 800 termék példáján azt vizsgálta, hogy az EU tagországaiban alkalmazott FOP rendszerek esetleges bevezetése milyen hatással lehet a hazai élelmiszeripar szereplőire és a jellegzetes hazai termékekre.

A felmérés azt mutatta, hogy a **NutriInform Battery** a magyar termékek szempontjából kiegyensúlyozottnak, objektívnek tekinthető, mivel számszerű adattal jelzi a fogyasztók számára, hogy a termék egy adagja mennyi energiát, zsírt, telített zsírsavat, cukrot és sót biztosít a napi referencia beviteli értékhez képest. A **Keyhole** nem jelentene erőteljes hátrányos megkülönböztetést, tekintettel, arra, hogy csak pozitív megkülönböztetést alkalmaz. **Nutri-Score** bevezetése jelentős kockázatot jelent, tekintettel a színek és kategóriák által okozott negatív megkülönböztetésre. Számos hagyományos magyar terméket E, D, C kategóriába sorol, köztük olyanokat is, amelyek egyszeri adagja nem éri el az értékelési alapként meghatározott 100 g-ot.

3.3.3. Imitátumok

Agrárminisztérium Élelmiszergazdasági és- minőségpolitikai Főosztály reprezentatív fogyasztói felmérés keretében megvizsgálta, hogy a tej, tejföl, joghurt, vaj, tejpor, sajt, illetve a töltelékes húskészítmények, húspogácsák termékkörében, a fogyasztók meg tudják-e egyértelműen különböztetni az eredeti és a helyettesítő terméket, illetve, hogy a jelenlegi jogszabályok megfelelő módon szabályozzák-e az imitátumokat, vagy szükséges-e módosítás. A kutatás rámutatott arra, hogy néhány termékkategóriában nem különülnek el kellőképpen a hagyományos és az imitátum termékek, a termékek megjelenése és elnevezése sok esetben megtévesztő lehet. Egyes termékeknél előfordul a jogszabályokban és rendeletekben meghatározottaknak ellentmondó termékelnevezés és nem megfelelő grafikai elemek alkalmazása.

3.3.4. Jó higiéniai gyakorlat – GHP (Good Hygiene Practice)

Az Európai Unió élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos jogi szabályozásában fontos szerepe van a helyes gyakorlatról szóló útmutatóknak, amelyeket az élelmiszer-vállalkozók önkéntes alapon használnak. Az utóbbi években gyakran változtak a mikrobiológiai szabályok. Az egyes iparági útmutatók nagy vonalakban, általánosságban kezelik a mikrobiológiai követelményeket, azonban szükség van a témakör részletes, összefoglaló kifejtésére, a mikrobák vizsgálatának és az azt követő eljárásoknak egységes követelmény-rendszerbe foglalására, ezért az élelmiszer- vállalkozások számára útmutató készítését kezdtük meg.

4. Irodalom

- [1] Síki J., Tóth-Zsiga I. (1997): A magyar élelmiszeripar története, MezőGazda Kiadó, Budapest
- [2] Kapronczai I., Bojtárné Lukácsik M., Felkai B. O., Gáborné Boldog V., Székelyné Raál É., Tóth P., Vágó Sz. (2009): Az élelmiszerfeldolgozó kis- és középvállalkozások helyzete, nemzetgazdasági és regionális szerepe. AGRÁRGAZDASÁGI TANULMÁNYOK, 2009: (9) pp. 129
- [3] Farm to Fork Strategy. https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_hu
Hozzáférés/Acquired: 18.07.2022
- [4] Kuti B., Fehér O., Szakos D., Kasza Gy. (2022): Country of origin and place of provenance related food labelling regulation in the European Union (Élelmiszerek származási országának és eredethelyének jelölési szabályozása az Európai Unióban) Magyar Állatorvosok Lapja 144: (1) pp. 45-58
- [5] 74/2012. (VII. 25.) VM rendelet egyes önkéntes megkülönböztető megjelölések élelmiszereken történő használatáról
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200074.vm>
Hozzáférés/Acquired: 12.07.2022
- [6] Szegedyné Fricz Á., Dömölki, M., Kuti, B., Izsó, T., Szakos, D., Bognár, L., Kasza, Gy., (2016): Minőségi magyar termékek nyomában – a Magyar Élelmiszerkönyv működése (Searching for quality Hungarian products-the operation of the Hungarian Food Codex). Élelmiszer Vizsgálati Közlemények 62:(4) pp. 1338-1351.
- [7] Az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20180101&qid=1658142884494&from=HU> Hozzáférés/Acquired: 17.07.2022
- [8] European Commission, Nutrition labelling.
https://food.ec.europa.eu/safety/labelling-and-nutrition/food-information-consumers-legislation/nutrition-labelling_en
Hozzáférés/Acquired: 17.07.2022

Situation and development trends of the food industry

Keywords: food industry, Hungarian Food Guide, digital food strategy, regulation, origin, Hungarian product, FOPNL, imitations, GHP

1. SUMMARY

The food industry in Hungary has come a long way from the 1800s to the present day and is still facing many challenges. It is a highly heterogeneous sector with a large number of employees, whose uniqueness and specificities have a significant impact on its present and potential. Its development potential lies in increasing added value, moving towards quality products, and positioning itself on domestic and export markets. The pace of development is determined by strategies, subsidies, the regulatory environment, R&D&I opportunities, consumer needs and related education, the availability and variability of raw materials, strict food safety requirements, etc.

In this article, we present the past, present and development trends of the food industry based on the lecture 100+10 years of food science at the 240th anniversary of the Budapest University of Technology on 19 November 2021.

¹ Ministry of Agriculture, Department of Food Economics and Quality Policy

2. Brief history of the food industry

2.1. A brief history of the food industry up to privatisation

Industrial food production is worth talking about from the period after the reconciliation (1867). In general, industry, including the food industry, underwent significant development in the second half of the 19th century. At the beginning of the 20th century (1913), the food industry employed 15 per cent of the total workforce, while its contribution to the value of production was close to 40 per cent. The sugar industry and the milling industry were given a boost, and, combined with the also prospering machinery industry, these sectors were characterised by world-class technology in Hungary. The changes up to the First World War were marked by the emergence of factories built with foreign capital and the development of a food industry linked to large estates. The further development of the sector was strongly influenced (some of whose effects are still felt today) by the development of infrastructure (Budapest is the centre of the sector), the presence of foreign capital, and the modernisation of domestic trade and credit.

After the First World War, a dual structural development started, with almost 80 per cent of production being carried out to European standards using large-scale industrial methods, and the rest in technically highly heterogeneous small-scale plants. The export orientation of large firms was already evident, while small firms concentrated primarily on local supply. The food industry at the time was characterised by a desire for an optimum combination of different production processes, for example, a distillery processing by-products were added to a canning plant, and the steam from sugar factories was used not only for concentrating sugar beet juice but also for producing tomato concentrate. By the end of the 1930s, in addition to the traditional Hungarian export product (wine), there were already well-known and respected brands such as Hertz, Pick, Zwack Unicum and Arany Fácán - also good exports, especially to Western European markets.

The agrarian reform of 1945 fundamentally broke down the large landed estate system, creating an agrarian structure that limited the realisation of modern production. However, unity of land ownership and land use was achieved. The attempted Soviet model forced collectivisation in the 1950s which was not successful, and a domestic version was developed. The 1960s saw the gradual emergence of the Hungarian agricultural model, with the modernisation of agriculture and expansion of production.

The food industry, which evolved between 1945 and 1968, was characterised by fundamental peculiarities:

- Recovered from the war damage, production exceeded the pre-war level already in 1949, and by 1960 it had doubled: in 1959 the food industry's production value totalled HUF 19.6 billion, accounting for about 22 per cent of the total industrial production. In 1959, the canned fruit industry produced 53 578 t of canned fruit, the meat industry 179 834 t of raw meat and 35 246 t of fat, the poultry industry 21 452 t of poultry carcasses and 432 million eggs, the dairy industry 2 512 000 hl of drinking milk, 16 531 t of butter, 13 732 t of cheese and the sugar industry 320 890 t of sugar;
- Private ownership was abolished and state ownership dominated - large socialist factories were set up, producing partly semi-finished foodstuffs and partly food preparations;
- Autonomy of enterprise management was abolished and planned management was introduced;
- The volume of production increased;
- New technologies were created, giving rise to new specialised sectors;
- A scientific base for product and production development in the food industry was established in the form of a network of research institutes organised by sector.

The period 1969-1991 was characterised by the following developments in the Hungarian food industry:

- The production quality of Hungarian agriculture has increased significantly;
- The Soviet Union was facing a persistent food shortage, so it took the initiative to specialise production, i.e. through bilateral interstate institutions a permanent market was provided for Hungarian products;
- The economic objective was to improve living standards and increase domestic food consumption;
- A change in the system of economic governance, which increased the autonomy of enterprises, although the central budget also diverted and redistributed the results;
- Until the mid-1980s, the volume of food production increased steadily, with a surplus of 35-40 per cent produced for export (with state subsidies). The continuous growth of the food industry until 1980 was not economically sound, and the lack of financial basis for development was accompanied by a lack of quality development. The possibilities for the extensive development of the Hungarian food industry were exhausted by the end of the 1980s.

2.2. From the privatisation of the food industry

The economic and social changes of the late 1980s and early 1990s shook the food industry to its foundations. Production levels fell by 10-15 years. The main problem was that many companies had not been exposed to market developments and the need to adapt to them. The main problems arose from the illusion of inefficient, quantity-centred production and seemingly secure markets due to the requirements of planned management.

The privatisation process involved both professional and financial investors. Since the profitability of the Hungarian food industry was low, it was mainly professional investors who were interested. In those sectors where there was a secure domestic market, simple production technology or easy to automate the operations, or a secure supply of raw materials, it was easy to privatise, while there were few investors in, for example, the canning industry, which was based on the Soviet market, or the already highly competitive baking industry. Privatisation has completely transformed the ownership structure of the food industry, with state assets being completely reduced and replaced by foreign capital. The number of people employed began to fall significantly because:

- The newly created companies were no longer bound by the employment obligation;
- In some sectors, the volume of production has fallen substantially, and with it the demand for labour;
- There was also less demand for manual labour in automated sectors (confectionery, beer, sugar, oil, tobacco);
- Some activities (maintenance, catering, security, etc.) were “outsourced”.

Following the privatisation period, the food industry has steadily declined in importance, with output as a share of the national economy as a whole falling from 12.5 per cent in 1992 to less than 9 per cent in 2003. A similar trend can be observed in the size of the turnover of products sold by the food industry. The number of people employed in the food industry has also been steadily declining, from employing nearly 9 per cent of the national economy in the early 1990s to 5.8 per cent in 2003. The largest employing sectors were baking, meat processing, poultry processing and dairy products.

The period under review was characterised by a fragmentation of food businesses, with a steady decline in the number of farms and a parallel steady increase in the number of holdings. The reasons for this were the disappearance and restructuring of the ‘socialist large enterprises’, the adaptation of the newly created enterprises to market conditions and the pursuit of economies of scale.

The performance, mechanisation and export orientation of the food industry is determined by the ownership of the firms concerned. The dominant components are foreign capital, state ownership and the ownership of domestic joint ventures and their development. Depending on the year, these three factors accounted for 80-90 per cent of the registered capital. State ownership has declined from nearly 45 per cent to a few per cent and is now almost negligible. In contrast, the share of foreign capital and domestic partnerships has been steadily increasing. In 1992, foreign capital accounted for 31.7 per cent of registered capital, in 1995 it exceeded 50 per cent, and in 1997 it was as high as 60 per cent. Then the decline started, and was particularly steep after 2002 [1].

2.3. The current situation

The food industry is a highly populated and heterogeneous sector, with more than 4,000 enterprises producing in 33 different sectors. The sector is characterised by a dual structure dating back to the 1800s, with a mix of micro and small companies, which are involved in local supply and filling niche markets, and medium and large companies, which are able to produce homogeneous and large quantities of products, which can be sold in retail chains and exported.

The number of companies and employment in the sector has been steadily declining in recent years, while efficiency has been increasing, with total sector turnover exceeding HUF 4,000 billion and food industry profits increasing several-fold. The sector’s products play an important role, with domestic consumers spending 30 per cent of their income on food products and foreign markets are also important, with more than a third of the sector’s revenue coming from export sales. The positive shift in the sector’s performance and results is a promising trend, but it has mainly been able to grow relative to itself, lagging behind other manufacturing sectors and the international food industry.

For an industry to be successful, it needs to be able to compete in both domestic and international markets. This requires knowledge of the specificities of the area and targeted interventions and development. The food industry, despite being part of the manufacturing sector, has very different characteristics from other sectors. As an integral part of the agricultural sector, it is difficult to understand it in isolation and it is therefore worth analysing and studying the whole food chain.

It has a close symbiotic relationship with agriculture through its demand for raw materials and is also influenced by the performance of other industries (packaging, additives, etc.). The sector is confronted with both domestic and international expectations. For example, in Hungary, there is a clear demand from consumers for a wide range of quality products, preferably domestic, which is also supported by the need for operators to generate higher added value and improve operational efficiency - which also encourages exportability. At the international level, it is the EU expectations, currently mainly the evolving elements of the *Farm to Fork Strategy-F2F*, which will influence the competitiveness and international opportunities of the industry in the long term. In addition, the regulatory and funding environment, the results of science education and the presence of public authorities are also driving activity horizontally along the whole chain [2].

2.4. International context – F2F

On 20 May 2020, the Commission’s Communication on a *Farm to Fork* (F2F) strategy to guide the transition to a sustainable food system was published as part of the European Green Deal. The European Green Deal and the “*Farm to Fork*” strategy address many dimensions of the food system, from animal husbandry and crop production to food labelling and international trade.

Aim of the F2F strategy is to make food systems more sustainable by reducing negative impacts on the environment.

In order to enable consumers to make responsible choices for ‘healthy’ and sustainable food, the Commission has set the objective of harmonised mandatory introduction of Front of Pack Nutritional Labelling (FOPNL) and proposes to extend the origin labelling requirements, taking full account of the impact on the single market.

To improve the EU food environment and promote the shift to a “healthier” diet, the Commission will also continue to develop nutrient profiles that limit the promotion of foods high in fat, sugar and salt through nutrition or health claims.

In order to achieve the objectives set out in the strategy, appropriate instruments, support and regulation are needed to avoid competitive disadvantages [3].

2.5. Situation in Hungary

The ever-increasing efficiency and effectiveness of the food industry is an ongoing trend. Not only in nominal terms, but also in real terms.

Table 1. Hungarian food industry in numbers 2010-2021

Indicator	Time period	Amount	2010	2021	2010-2021 (%)
Total sales	January-November	HUF billion	1876	4017	214.1%
Export sales	January-November	HUF billion	592	1721	290.7%
Productivity (production value per person employed)	January-October	HUF/person at current price	17.1	37.1	216.8%
Productivity (production value per person employed)	January-October	HUF/person at unchanged prices	17.1	24.1	140.9%

Even with the difficulties and constraints experienced during the first waves of COVID, the sector managed to grow - due to export sales *Table 1*. Around one fifth of the companies are engaged in export activities, typically medium and large companies, which is why 80 per cent of employment and more than 90 per cent of total sector turnover is attributable to these firms. A secure export base is generated by those sectors where processing can be based on high-quality domestic raw materials. These are the ones that have also contributed significantly to the value of production: meat, dairy and fruit and vegetable processing are the most affected.

However, different sectors have different feedstock situations, income levels, ownership structures and performances:

- Food industry earnings have grown dynamically in recent years, but are still below the national average. Within the industry, there is considerable variation: there are some sectors where the average salary is around HUF 200 000 gross and others (mainly in highly mechanised areas) where it exceeds HUF 600 000 gross per month (**Figure 1**);

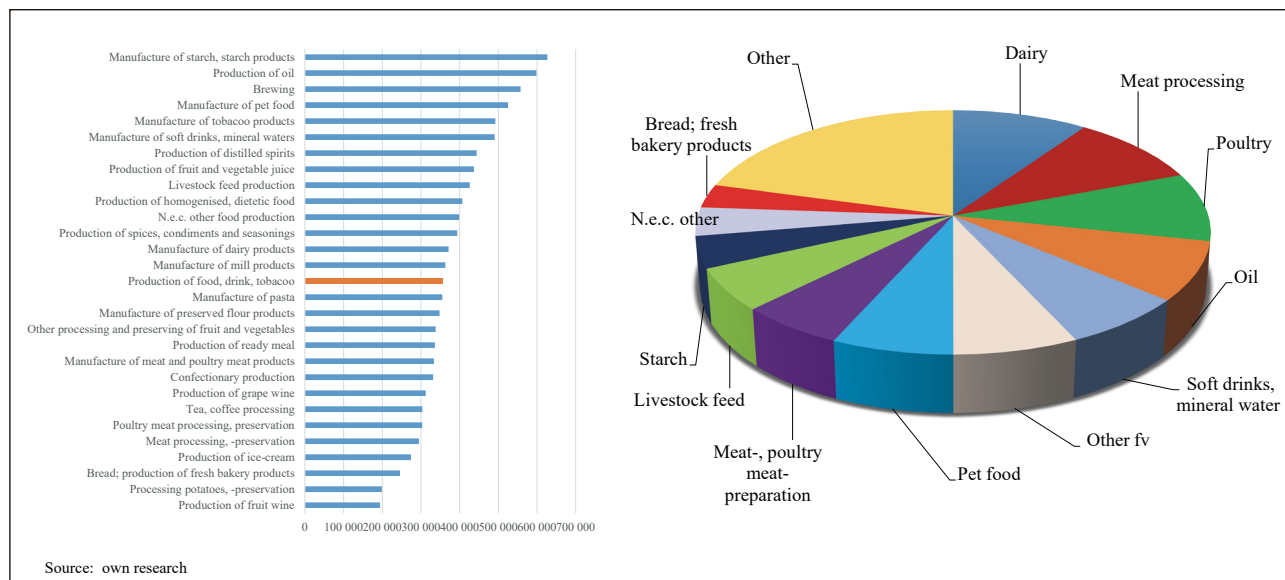


Figure 1. Food industry sectoral wage breakdown

- The manufacturing sector includes nearly 25 thousand enterprises, of which nearly 4 thousand are in the food industry. As in previous years, micro and small enterprises dominate in terms of numbers, together accounting for more than 90 per cent of enterprises, while medium and large enterprises are the most important in terms of the sector's operation. These two groups account for less than 10 per cent of total turnover (although their share is increasing as the number of micro-enterprises declines), but they still account for more than 80 per cent of total domestic turnover and more than 90 per cent of export turnover in 2020, and therefore the vast majority of food industry profits. They provide employment for more than 70 per cent of the sector's workers and concentrate nearly 80 per cent of the sector's wealth;
- The presence of foreign capital is important in the sector, although 91 per cent of enterprises are 100 per cent domestically owned. Foreign capital is prevalent in medium and large enterprises, so these capacities should be taken into account for exports and for the production of homogeneous and large quantities of commodities. Given the different corporate cultures, the direction and characteristics of sales, and the propensity to innovate, these should be taken into account when designing regulations and support schemes.

3. Tools

3.1. Support for the food industry

Support for the food industry is complex. For the period 2014-2020, which closed at the end of 2020, the sector benefited from both operational programmes and domestic funding. Businesses have different opportunities depending on their size (e.g. EU funding for large companies is minimal and limited) and the type of product they produce (annex, non-annex products).

3.1.1. Nationally funded grants 2014-2020:

- The Large Business Investment Support (LBIS) programme, coordinated by the Ministry of Finance, was created to support investments by large domestic companies with a capital shortage and by small and medium-sized enterprises of the size of large companies that are likely to be affected by the planned investment and which make a significant contribution to the growth and modernisation of the Hungarian economy, including the manufacturing and construction industries. The scheme was launched in 2015 and has been active in the food sector every year;

- The Investment Promotion Earmarking (IPE), operated by the Ministry of Foreign Affairs and Trade (MFAT), aims to support projects that improve the competitiveness of the Hungarian economy and attract working capital to create jobs;
- To offset the economic impact of the coronavirus epidemic:
 - As part of the Economic Protection Action Plan, the National Food Economy Crisis Management Programme (NFECMP), which was developed by the Ministry of Agriculture as part of the HUF 8 billion budget, 1457 food processing enterprises received nearly HUF 6.8 billion in aid;
 - The Competitiveness Enhancement Support Programme (CESP), announced by the MFAT and implemented by National Investment Agency Nonprofit Ltd. of the HIPA.

3.1.2. Operational programmes grants:

- Under the Economic Development and Innovation Operational Programme (EDIOP), food companies could apply for a number of grants, such as for technological innovation, employment promotion, efficiency gains, higher value-added products, capacity expansion or R&D;
- The Rural Development Programme (RDP) is open to micro and small enterprises other than farmers producing annex products and to farmers. Dedicated calls for proposals have helped operators in the sector to access resources;
- Almost three quarters of the aid comes from RDP and EDIOP sources, but the aid values for the large business sector (LBIS), which is only moderately eligible for EU funds, and the export promotion scheme (IPE), which typically targets medium-sized and large companies, are also relevant for the sector.

Double target of the 2021-2027 resource planning:

- Recapture domestic markets;
- Enhancing export capacity.

It also comes with a financial resource.

In the 2014-2020 funding period, the sector has been granted more than HUF 468 billion in national and EU funding. This was an outstanding amount compared to previous years and could also help the sector to put viable businesses on a growth path. The current (2021-2027) funding period plans to provide even more resources, with HUF 750 billion from the Rural Development Program alone earmarked for food sector development. After several rounds of consultation with industry players and stakeholders, the following intervention points have emerged for the planning of development directions:

- More efficient and profitable production structures can be created through the preference for robotisation and modernisation, and the domestic production of higher value-added products can change the structure of export-import favourably;
- Industrial development makes sense if there is consumer demand for the products produced. To achieve this, it is important that consumers are well informed and aware, but this requires awareness campaigns or brands to guide their choices;
- In addition, it is essential to increase resource efficiency, reduce the environmental burden, and include labour and skills in the preferences.

Unlike in previous support periods, for 2021-2027, support for the food industry will be concentrated in one place and coordinated. Due to a high share of national funding, two dedicated funds for the sector were opened in 2021, a small-scale capital equipment purchase and a HUF 320 billion fund for complex developments, with up to HUF 5 billion in non-repayable grants. The feed sector was excluded from previous calls, but as it is part of the food industry and is a sub-sector typically based on domestic raw materials with a significant export value, a separate call was made for it.

In addition to these, there are also calls for farmers and the food industry, which provide opportunities for development through a specific sub-area. This is the case, for example, for calls relating to quality schemes. Products produced under quality schemes are of a higher quality than other similar products that meet the minimum requirements of the legislation. The aim of the quality schemes is to help ensure that products produced under quality schemes recognised by the European Union and Hungary are known and recognised by consumers and can be marketed more effectively by producers. In addition to the products associated with the protected designations, there is currently one quality scheme in Hungary, the *High Quality Food Trademark Scheme*, which is nationally recognised and notified by the EU.

As with the two calls already launched in 2021, we plan to repeat these in 2023 and 2025, possibly adapting the calls in the light of experience gained. The aim is to produce higher value-added products, have more profitable and efficient food companies, increase exportability and reduce imports.

3.2. Recent issues

3.2.1. Codex Alimentarius Hungaricus

Our main aim in developing the industry is to ensure high-quality food, while at the same time reducing the market for poor, low-quality food. The Codex Alimentarius Hungaricus is a reliable source of information for consumer awareness and responsibility. One of its main aims is to provide guidance, both to producers and to consumers, but this is also an effective way of ensuring the smooth flow of international trade, fair competition in the market and the enforcement of national specificities. Therefore, our priority is to continuously review and amend the regulations and directives of the Codex Alimentarius Hungaricus.

On the basis of the previous practical experience of the Codex Alimentarius Hungaricus Committee and its Committees and the suggestions of the food industry, it was justified to change the composition of the Board in such a way that food businesses are better represented, taking into account the operational efficiency of the Board. As a result, the functioning and composition of the Codex Alimentarius Hungaricus Committee and its Committees have been changed, making the work more transparent and streamlined, and giving greater weight to the presence of industry. From a professional point of view, the new regulations have been developed with a focus on high quality.

The 2010s brought significant changes in the regulation of meat products and bakery products, this year brought the renewal of the dairy regulation, but further changes are underway for meat products and a comprehensive revision for quick-frozen fruit and vegetables.

3.2.2. Digital Strategy for Food

The food industry is the first largest sector in terms of production value in Europe and the third largest in Hungary. It also plays a major role in employment and it is a significant user of agricultural resources. Therefore, increasing productivity and efficiency in the food industry is of utmost importance, and Industry 4.0 and the application of digitalisation offer many new opportunities. This will lead to new products, new services, new solutions and approaches through more efficient use of resources, improved quality parameters, and new skills and competencies. All this could even improve the international competitiveness of domestically produced food.

In 2019, the Digital Food Strategy was launched, with inter-ministerial collaboration, academic and other scientific workshops, stakeholders and professional organisations. A general assessment of the current digital situation in the sector has been carried out and intervention points and lines of action have been identified. Their impact will be measured in the coming years, adopted in November 2022.

3.3. Other issues (research, horizontal regulations, sub-areas)

3.3.1. Regulation, origin, Hungarian product

Food labelling is a complex area that includes, in addition to the information on food packaging, the advertising, packaging, presentation and display of food products. The role of food labelling is to provide the consumer with objective, accurate and truthful information about the product.

The issue of origin labelling is becoming increasingly prominent, as shown by the increasing number of laws on mandatory and voluntary origin labelling in the EU harmonised food legislation and in the Member States' regulations over the last 20 years.

For a number of foods (e.g. beef, veal, fish, fruit and vegetables, honey, olive oil, etc.) origin labelling is mandatory, while in other cases origin labelling is mandatory where failure to indicate it would mislead consumers or where the country of origin of the food is indicated but the origin of the primary ingredient is different from this information. The determination of origin for food labelling purposes is done through product-specific rules or, in the absence thereof, horizontal rules.

The rules on the origin labelling of foodstuffs are in some cases closely intertwined with those laid down in the EU Customs Code [4].

In Hungary, voluntary labelling legislation is in force as defined in the Vm Decree No.74/2012 (25.VII.) of the Rural Development on the use of certain voluntary (hereinafter: MRD Decree), which defines the terms "Hungarian product", "domestic product" and "product processed domestically" and the related requirements, but does not impose the obligation to use a trademark or logo.

These three categories provide the consumer with information on whether the product originates exclusively or partially in Hungary or whether it has been processed in Hungary. The MRD Decree also regulates claims referring to the above-average quality or specific quality characteristics of a product [5].

National and international research shows that origin information is one of the most sought-after labelling elements by consumers. According to a survey of the Hungarian population conducted by the National Food Chain Safety Office, 82.12% of respondents pay attention to the origin of Hungarian food products, 56.32% of whom take the origin of the product into account before making a decision, 25.80% of whom only buy certain products, and 17.88% of the adult population do not care about the origin of the product [6].

3.3.2. *Front of Pack Nutritional Labelling - FOPNL*

According to Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council on the provision of food information to consumers (hereinafter: Labelling Regulation), nutrition labelling (energy, fat, saturates, carbohydrates, sugars, protein, salt) is generally mandatory for the vast majority of pre-packaged foods from 13.12.2016, in order to enable consumers to make an informed and health-conscious choice. The mandatory nutrition labelling is usually on the back of the food packaging. Under the Labelling Regulation, certain elements of the nutrition labelling may be repeated in the principal field of vision in one of two ways: a.) energy or b.) energy and fat, saturated fatty acid, sugar, and salt.

The Labelling Regulation allows the use of graphical forms and symbols in addition to the mandatory presentation. The main purpose of such schemes is to help consumers towards a healthier diet [7, 8].

The voluntary FOPNL on the front of packs is not harmonised at the EU level, so there are several such labelling schemes on the EU market [8], with different forms of presentation and different purposes, and therefore not comparable, as they are based on completely different principles.

Nowadays, FOPNL nutrition labelling has been the subject of continuous and constant interest at the national, EU and global level. As nutritional science evolves year by year, there is a need for legislation to adapt to these changes.

The FOPNL nutrition labelling is a complex and sensitive area, so it is important to see how the systems used in different Member States (e.g. in order to achieve these objectives, a study by the Food Economics and Quality Policy Department of the Ministry of Agriculture, using 800 products within 8 product categories, has examined the potential impact of the introduction of FOP schemes in EU Member States on the domestic food industry and on typical domestic products.

The survey showed that the **NutriInform Battery** can be considered balanced and objective for Hungarian products, as it provides consumers with a numerical indication of how much energy, fat, saturated fat, sugar and salt a serving of a product provides compared to the daily reference intake. **Keyhole** would not be strongly discriminatory, given that it only uses positive discrimination. There is a significant risk of introducing **Nutri-Score**, given the negative discrimination caused by the colours and categories. It classifies a number of traditional Hungarian products in categories E, D, C, including those with a single portion of less than 100 g as a basis for assessment.

3.3.3. *Food Substitutions*

The Food Economy and Quality Policy Department of the Ministry of Agriculture has carried out a representative consumer survey to examine whether consumers can clearly distinguish between the original and substitute products in the product range of milk, cream, yoghurt, butter, milk powder, cheese, stuffed meat products and meat patties and whether the current legislation regulates imitations adequately or whether amendments are needed. The research has shown that in some product categories there is an insufficient distinction between traditional and imitation products, and that the appearance and naming of products can often be misleading. Some products may have product names that are not in line with legislation and regulations and may use inappropriate graphic elements.

3.3.4. *GHP- Good Hygiene Practice*

Good practice guides, which food business operators use on a voluntary basis, play an important role in EU food safety legislation. Microbiological rules have changed frequently in recent years. The individual industry guides deal with microbiological requirements in broad general terms, but there is a need for a detailed summary of the subject, with a common set of requirements for microbial testing and subsequent procedures, and therefore a guide for food businesses has been developed.

4. Irodalom

- [1] Síki J., Tóth-Zsiga I. (1997): A magyar élelmiszeripar története, MezőGazda Kiadó, Budapest
- [2] Kapronczai I., Bojtárné Lukácsik M., Felkai B. O., Gáborné Boldog V., Székelyné Raál É., Tóth P., Vágó Sz. (2009): Az élelmiszerfeldolgozó kis- és középvállalkozások helyzete, nemzetgazdasági és regionális szerepe. AGRÁRGAZDASÁGI TANULMÁNYOK, 2009: (9) pp. 129
- [3] Farm to Fork Strategy. https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_hu
Hozzáférés/Acquired: 18.07.2022
- [4] Kuti B., Fehér O., Szakos D., Kasza Gy. (2022): Country of origin and place of provenance related food labelling regulation in the European Union (Élelmiszerek származási országának és eredethelyének jelölési szabályozása az Európai Unióban) Magyar Állatorvosok Lapja 144: (1) pp. 45-58
- [5] 74/2012. (VII. 25.) VM rendelet egyes önkéntes megkülönböztető megjelölések élelmiszereken történő használatáról
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200074.vm>
Hozzáférés/Acquired: 12.07.2022
- [6] Szegedyné Fricz Á., Dömölki, M., Kuti, B., Izsó, T., Szakos, D., Bognár, L., Kasza, Gy., (2016): Minőségi magyar termékek nyomában – a Magyar Élelmiszerkönyv működése (Searching for quality Hungarian products-the operation of the Hungarian Food Codex). Élelmiszer Vizsgáló Közlemények 62:(4) pp. 1338-1351.
- [7] Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council on the Provision of Food Information to Consumers.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20180101&qid=1658142884494&from=HUHozzáférés/Acquired: 17.07.2022>
- [8] European Commission, Nutrition labelling.
https://food.ec.europa.eu/safety/labelling-and-nutrition/food-information-consumers-legislation/nutrition-labelling_en
Hozzáférés/Acquired: 17.07.2022

A növényi alapú hús helyettesítő élelmiszerek szakmailag elfogadható megnevezése

Felmérés magyar élelmiszer-tudományi, -technológiai és táplálkozástudományi szakemberek körében

Kulcsszavak: növényi alapú húshelyettesítő élelmiszerek, húspótló, hús-analóg, hús-alternatív, hús-imitátum

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakirodalomban „plant-based meat alternatives” vagy „meat analogues” névvel illetett, kizárólag növényi alapanyagokból készített, húskészítményekre hasonlító élelmiszerek szakmailag leginkább megfelelő, objektív és szélesebb körben is felhasználható megnevezését kerestük, hozzájárulva a fogyasztók korrekt tájékoztatásához. Olyan kifejezéseket szükséges használni, amelyek nem megtévesztőek, objektívek és informatívak, ugyanakkor könnyen érthetőek.

Személyes kérdőíves megkérdezés formájában 58 magyar anyanyelvű, élelmiszer-tudományi, élelmiszer-technológiai, táplálkozástudományi szakember véleményét kértük ki, hogy megtaláljuk a termékcsoporthoz vonatkozó, konszenzuson alapuló, szakmailag leginkább elfogadott magyar kifejezéseket.

Felmérésünk eredményei alapján a (hús) „helyettesítő” és „pótló” kifejezések használatát javasoljuk, szemben a (hús) „jellegű”, „analóg”, „alternatív” és „imitátum” megnevezésekkel, amelyeket általános elutasítottság övezett. A „növényi” jelzős szerkezet, általánosságban elfogadottabb, mint a „zöldség” jelzős szerkezet.

¹ Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar Élelmiszermérnöki Intézet

2. Bevezetés

A növényi alapú étrend egyre fontosabbá válik mind az egészségtudatos, mind pedig a környezettudatos fogyasztók számára, sőt hozzájárul a fenntartható élelmiszer ellátási lánc kialakításához.

Az elmúlt néhány évben a nemzetközi és hazai piacon is egyre nagyobb mennyiségben és választékban jelentek meg különböző növényi alapú élelmiszerek és készételek, amelyeket a hagyományos konyha alapvetően húsos, azaz húst tartalmazó ételként ismer. Ez napjaink egyik legnagyobb élelmiszeripari innovációja, az egyik legnépszerűbb trend.

Sorra jelennek meg a hamburger alternatívák és egyéb új, innovatív termékek, alternatív húspótló termékek (ún. „*plant-based meat alternatives*” direkt/tükör fordításban), például a 'vegán burgerek', a 'szója steak', a 'tofu kolbász' és hasonlók.

A növényi eredetű élelmiszerek fogyasztása soha nem látott ütemben növekszik [1]. Egyre elterjedtebbek a vegetáriánus és a még szigorúbb vegán táplálkozás követőinek, valamint az időnként hús mentes étrendet választó, ún. flexitariánus fogyasztóknak szánt, ilyen jellegű élelmiszerek.

Az első, csak növényekből származó alapanyagból készült húsanalóg termék, az Impossible™ Burger [2], valamint a Beyond Meat [3] után sorra jelentek meg a húсок és húskészítmények színét, állományát, valamint ízét utánzó, csak növényi alapanyagokból előállított élelmiszerek kereskedelmi forgalomban, valamint a gyorséttermi láncokban is.

A flexitariánusok a mindenevők (húsevők) után a legnagyobb táplálkozási csoporttá váltak, jelentős szerepük van a hús és egyéb állati eredetű termékek fogyasztásának hatékony csökkentésében és ezáltal a klímaváltozás elleni küzdelemben [4].

Figyelembe véve mindazokat, akik aktívan csökkentik vagy teljesen elhagyják legalább bizonyos állati eredetű termékek fogyasztását, beleértve a vegetáriánusokat, peszkateriánusokat és flexitariánusokat, ez a csoport a teljes lakosság 30,8%-át teszi ki: az európaiak 10-30%-a már nem tartja magát teljes mértékben húsevőnek.

Ahogy a „vegetáriánus” (*vegetarian*), a „flexitariánus” (*flexitarian*) kifejezéseknek, úgy a „növényi alapú étrend” (*plant-based diet*) kifejezéseknek sincsen hivatalos definíciója az Európai Unióban. Szintén nem határozták meg az angol szakirodalomban és sajtójában leggyakrabban használt „*plant-based meat alternatives*” szakkifejezés tartalmát.

Egyrészt heves vita bontakozott ki a hús helyettesítő termékek elnevezése körül az Európai Unióban. Kérdéssé vált, hogy az olyan elnevezések, mint 'vegetáriánus hamburger' vagy 'szója kolbász' nem tévesztik-e meg a fogyasztót. Az Európai Parlament úgy döntött, hogy a 'hús' lehet növényi alapú, viszont csak az állati eredetű tejet lehet tejnek nevezni. A növényi alapú termékeket nem lehet tejnek, tejszínnek, vajnak, sajtnak vagy joghurtnak nevezni, mert a jogszabályok szerint azok csak állati eredetű élelmiszerek elnevezései lehetnek [5] [6].

Másrészt nem alakult ki egységes szóhasználat a termékcsoport megnevezésére, hiszen a nemzetközi kommunikációban a „*plant-based meat alternatives*” mellett a „*meat analogues*” és „*meat substitutes*” kifejezést is használják. Ráadásul a magyar fordításként használt „növényi alapú hús helyettesítők”, „növényi hús alternatívák” mellett elkezdték használni a „hús imitátum” és egyéb kifejezéseket.

A fogyasztók felé nyilvánvalóan egyszerű, érthető elnevezéseket kell használni, de vajon ezek mennyire elfogadottak a szakmai közvélemény számára?

3. Célkitűzés

Mivel tisztázatlan az ún. „*plant-based meat alternatives*” termékcsoporthoz vonatkozóan alkalmilag használt magyar kifejezések tartalma és ezek nem is tekinthetők egyértelműen szinonimáknak, illetve némelyikük pejoratív értelmű (pl. „imitátum”), ezért az objektív tájékoztatás érdekében szükségesnek láttuk szakmai konszenzus kialakítását a témában.

Az volt a célunk, hogy szélesebb körben elfogadott, a fogyasztók által is könnyen megérthető elnevezések terjedjenek el.

4. Módszer

Hazai szakemberek körében (élelmiszer-tudományi és -technológiai, táplálkozástudományi akadémiai és ipari szakértők bevonásával) felmérést végeztünk a növényi alapanyagokból készült és hústermékek látszó élelmiszerek elfogadható magyar elnevezéséről.

Kérdőívünkkel személyesen kerestük meg a szakértőket a Magyar Táplálkozástudományi Társaság valamint a TÉT Platform által szervezett 2022. év júniusában és októberében tartott konferenciákon, illetve közvetlen megkereséssel 2022. június-október között. Három nagy hazai egyetem oktatói és kutatói, továbbá élelmiszer-feldolgozó vállalatok közép- és felsővezetői és hatósági élelmiszer-ellenőrző intézmények dolgozói vettek részt a személyes megkérdezésen alapuló kérdőív kitöltésben.

A kérdőív első kérdése spontán kérdés volt, egy hamburgernek látszó, de a leírás szerint kizárólag növényi eredetű alapanyagokból készült termék képe (**1. ábra**) alapján kellett meghatározni a válaszadóknak a termék nevét. A személyes megkérdezés során ekkor a válaszadó még nem láthatta az általunk felkínált lehetséges megnevezéseket.



1. ábra. A kutatásunk spontán válaszadáshoz felhasznált illusztrációja

A második kérdéscsoport – ugyanerre a képen megjelenített élelmiszere vonatkozóan – kínált lehetséges különböző megnevezéseket. Ezek közül kellett kiválasztani, hogy a válaszadó számára

- 1) melyik „nem megfelelő”,
- 2) melyik „elfogadható” és
- 3) melyik volt teljes mértékben megfelelő („teljesen egyetértek vele”).

A harmadik kérdéscsoport általában a növényi alapú, húsnak/húskészítménynek látszó élelmiszerek általános megnevezésére kínált különböző lehetőséget. Ugyanazon három kategória szerint kellett ezeket megítélni. Bár igyekeztünk minél több lehetséges magyar nyelvű válasz lehetőséget felsorakoztatni, de kifejezetten rövid, gyorsan kitölthető és lényegre törő kérdőívet szándékoztunk összeállítani. Így az érdemi kérdések csupán egy oldal terjedelműek voltak, amit néhány demográfiai kérdés követett. A kérdőívet az **1. számú táblázat** tartalmazza.

5. Demográfiai adatok

A kérdőívet 58 fővel töltöttük ki, személyes megkérdezés formájában. A demográfiai jellegű kérdések esetén is csak a feltétlenül szükséges tényekre terjedt ki kérdőívünk úgy, mint a szakértők neme, szakmai tapasztalata (0-5; 6-15; 16+ év), továbbá a szektor, amelyben dolgoznak (élelmiszer-feldolgozó; akadémiai szféra, azaz egyetem vagy kutatóintézet; hatósági ellenőrzés és egyéb). Szintén rákérdeztünk arra, hogy a válaszadó vegetáriánus-e vagy nem.

6. Eredmények

6.1. A termék spontán megnevezése

Az első, spontán kérdésre, hogy hogyan nevezné el a válaszadó a kizárólag növényi alapanyagból készült, az **1. ábrán** bemutatott terméket, a válaszadók döntő többsége a „vega burger” kifejezést javasolta. Az 58 válaszadótól összesen 77 lehetséges megnevezést gyűjtöttünk össze, amelyek között 37 féle különböző elnevezés volt elkülöníthető. Egy fő nem tudott magyar nevet javasolni. Húsz válaszadó adott két különböző választ.

A 77 megadott válaszból 23 a „vega burger” (29.87%), 6 a „vegán burger” nevet adta. Tehát a „vega burger” vagy „vegán burger” kifejezés összesen 37.66%-ban szerepelt a 77 válasz között. Továbbá 6 fő a „hamburger” nevet választotta.

Az alábbiakban alfabetikus sorrendben felsoroljuk az összes olyan lehetséges elnevezést, amelyet csak egy-egy válaszadó nevezett meg:

bio burger fake burger, fenntartható, fincsi incsi green burger, hamburger pótló, hamburger-szerű termék, herba szendvics, húsmentes hamburger, műburger, műhamburger, nem burger, növényi alapanyagokból készült élelmiszer, növényi alapanyagokból készült hamburger, növényi alapanyagú burger, növényi burger, növényi hamburger, növényi pogácsa, növényi pogácsa, növi buri, plant burger, plantbi/plantby, szendvics trendi burger, vegán fehérje hambi, vegetáriánus szendvics, veggi hambi, zöld burger, zöld buri, zöld pogácsa, zöldség burger, zöldség fasírt, zöldséges burger.

A válaszadók egy része a termék növényi jellegét hangsúlyozta az alábbi kifejezésekkel:

növényi burger, növényi hamburger, növi buri, növényi pogácsa, növényi alapanyagokból készült élelmiszer, növényi alapanyagú burger, zöldség burger, zöldség fasírt, növényi alapanyagokból készült hamburger, növényi pogácsa, herba szendvics, plant burger, plantbi/plantby, vegetáriánus szendvics, veggi hambi, vegán fehérje hambi, zöldséges burger.

Mások a növényi alapú termékeknek fenntarthatósággal kapcsolatos elnevezést javasolt: zöld burger, zöld buri, zöld pogácsa, green burger, fenntartható.

A válaszadók egy csoportja pedig a termék nem állati eredetű húsból, nem „valódi” húsból való származását emelte ki: fake burger, műburger, műhamburger, húsmentes hamburger, hamburger pótló, hamburger-szerű termék, nem burger.

Szintén megjelent a termék innovatív jellegére való utalás: trendi burger.

A bio burger, fincsi-incsi és szendvics kifejezések nem illettek bele egyik kategóriába sem.

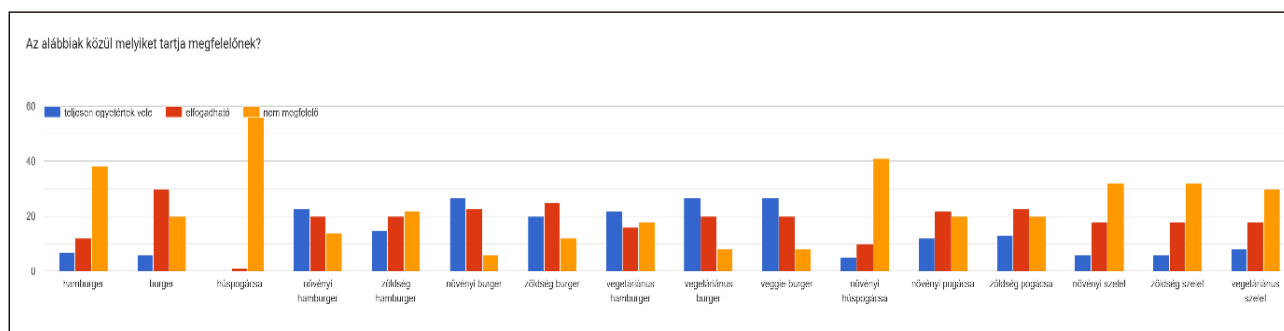
6.2. Preferált megnevezések

Ugyanezen kép (1. ábra) alapján célzott kérdéseket tettünk fel a termékcsoporthoz lehetséges magyar megnevezéseire vonatkozóan. Tizenhat különböző megnevezést adtunk meg (1. táblázat). Ezek között szerepeltek a szelet, pogácsa (mint húspogácsa), burger és hamburger kifejezések, amelyeket zöldség, növényi és vegetáriánus szavakkal variáltunk. Minden válaszadótól azt kértük, hogy döntse el, hogy az elnevezéssel szakértőként teljes mértékben egyetért-e, az elfogadható-e számára vagy egyáltalán nem elfogadható a kifejezés. Szándékosan nem adtunk meg „nem tudom (eldönteni)” válasz lehetőséget.

A „húspogácsa” kifejezést egyöntetűen (98.25%) elutasították a válaszadók. Szintén nem nyerte el a szakértők tetszését a „növényi húspogácsa” kifejezés, amelyet 73%-ban utasítottak el. A szakértők kétharmada (66.66%) elutasította a „hamburger” megnevezést. A „növényi szelet”, „zöldség szelet” és „vegetáriánus szelet” kifejezéseket egyöntetűen (60%-ban) elfogadhatatlannak találták.

A legkisebb ellenérzés a „növényi burger” elnevezést kísérte, amelyet mindösszesen 10% utasított el. A „vegetáriánus burger” és a „veggie burger” elnevezéseket azonos módon ítélték meg a szakértők, 50%-ban teljesen egyetértettek vele, 36%-ban elfogadhatónak tartották.

Az összes vizsgált kifejezéssel kapcsolatos szakértői véleményt a 2. ábrán mutatjuk be.



2. ábra. A növényi alapanyagokból készült, a hagyományos hamburgerre emlékeztető élelmiszerekre vonatkozó lehetséges elnevezések elfogadottsága

6.3. A termékcsoporthoz általános megnevezése

Egyre nagyobb teret hódítanak a kizárólag növényi alapanyagokból előállított olyan élelmiszerek, amelyek állati eredetű húsból készült élelmiszerek kiváltását, helyettesítését szolgálják és megjelenésükben is húskészítményekre hasonlítanak.

A következő kérdésnél arra voltunk kíváncsiak, hogy általánosságban milyen kifejezéseket lehetne használni a hús helyettesítő (angolul gyakran hús alternatívaként (*plant-based meat alternatives*) vagy hús analógnaként (*meat analogues*) emlegett) termékek esetén.

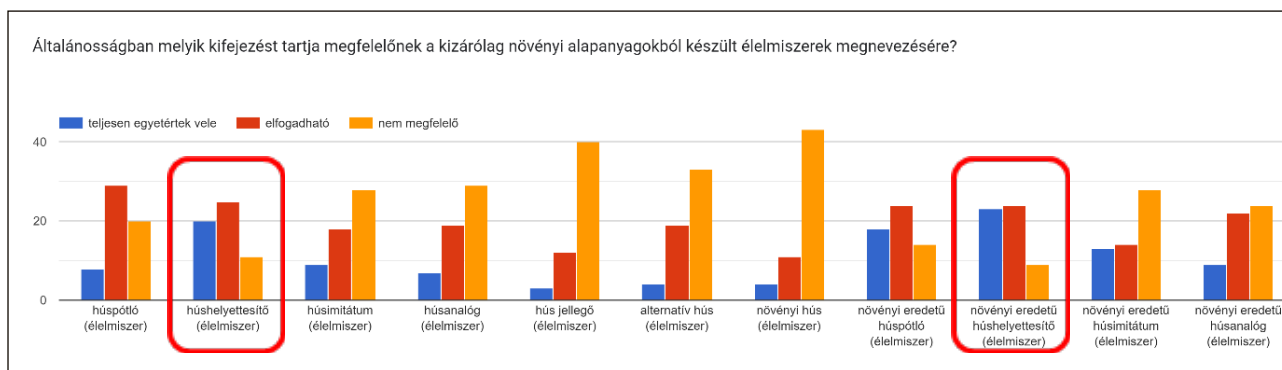
Általánosabb megnevezéseket adtunk meg, mint például „húshelyettesítő”, „húspótló”, „húsanalóg”, „hús jellegű”, „alternatív” vagy „húsimitátum”.

Míg az angol nyelvű szakirodalomban leggyakrabban a *plant-based meat alternatives* vagy *plant-based meat analogues* kifejezéseket használják, addig a magyar szakértők a tükörfordítással hús alternatívaként vagy hús analógnaként leírt neveket elutasították.

A „növényi hús” kifejezést 74%-ban utasították el, a „hús jellegű” (72,7%), az „alternatív hús” (59%), valamint a „hús analóg” (52,7%) megnevezéseket sem tartották megfelelőnek. A „hús imitátum” (*imitation meat*) megnevezés a válaszadók fele (51%) szerint nem megfelelő.

A „növényi eredetű hús helyettesítő (élelmiszer)” esetében tapasztaltuk a legkisebb mértékű egyet nem értést (16%) és egyidejűleg a legnagyobb mértékű (41%) elfogadottságot. Ezt követte a „hús helyettesítő (élelmiszer)” fogalom, amelynek támogatottsága 35%, elutasítottsága pedig 19,6% volt. Mindkét esetben a „... helyettesítő” szó szerepelt. A „húspótló (élelmiszer)” megnevezést a válaszadók több, mint fele (50,8%) tartotta elfogadhatónak.

Az eredmények összesítését a **3. ábra** tartalmazza.



3. ábra. A termékcsoporthoz vonatkozó általános megnevezések elfogadottsága

Tehát a szakértők véleménye, a felmérésünk keretében kapott eredményeink alapján a „helyettesítő” és „pótló” kifejezések használatát javasoljuk, szemben a „jellegű”, „alternatív” és „analóg” megnevezésekkel, amelyeket általános elutasítottság övezett.

Kérdőívünk kitöltése során lehetővé tettük, hogy a válaszadók egyéb általános megnevezéseket is javasoljanak, ezzel a lehetőséggel 17 fő élt. Ezek közül néhány releváns javaslatot megemlítünk, például, hogy „a hús szó ne szerepeljen benne egyáltalán”, a „jobb, ha az alapanyag neve szerepel (pl. gomba) a 'zöldség' illetve 'növény' szócskák helyett” valamint a „növényi fehérje készítmény”.

A „növényi” jelzős szerkezet, általánosságban elfogadottabb, mint a „zöldség” jelzős szerkezet. Például mind a „növényi burger” vs. „zöldség burger”, mind pedig a „növényi hamburger” vs. „zöldség hamburger” vonatkozásában a „növényi” termék elnevezés elfogadottabb volt.

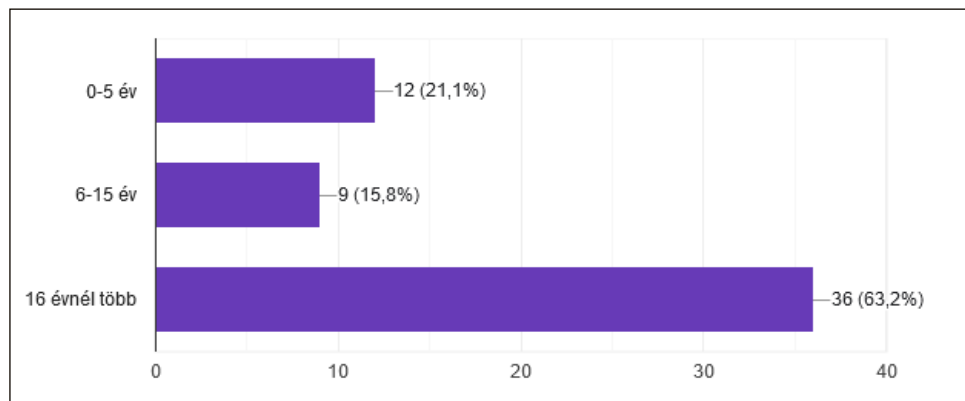
A „teljesen egyetértek vele” és az „elfogadható” válaszokat együttesen figyelembe véve, a „növényi hamburger” (76%) és a „növényi burger” (89%) kifejezések támogatottsága mindkét esetben nagyobb volt a „zöldség hamburger” (61%) és a „zöldség burger” (78%) elnevezésekkel szemben.

6.4. Demográfiai adatok bemutatása

A válaszadók jelentős számban a nők (68.4%) közül kerültek ki.

Arra a kérdésre, hogy a kérdőívet kitöltő szakember vegetáriánusnak vallja-e magát, alacsony arányban válaszoltak igennel, mindössze 3,5 %, amely érték alatta marad a hazai populációban élő vegetáriánusok számának, amely becslések szerint mintegy 5 % körüli. Mivel a megkérdezettek egy szűkebb szegmenshez tartoztak, a kapott és a várt arány közötti különbség a hibahatáron belülinek tekinthető.

A szakmai tapasztalatra vonatkozó kérdésekre adott válaszok alapján a többség 16 évnél hosszabb időt töltött el az adott szakterületen, tehát szenior szakértőnek számít.



4. ábra. A szakértők tapasztalat szerinti megoszlása

A munkatapasztalat területe alapján négy lehetséges választ jelölhettek meg a kitöltők és lehetséges volt két opciót is megadni, hiszen életszerű, hogy a szakértők adott esetben kiegészítő tevékenységet is végeznek, vagy karrierjük egy korábbi, jelentős részét egy másik területen töltötték.

Az élelmiszer-feldolgozás területén a válaszadók közel egyharmada (28,6 %) dolgozik.

A szerzők számára sem meglepő módon az akadémiai szféra válaszadóinak túlsúlya (57,9 %) megmutatkozik, itt fontos hangsúlyozni, hogy ide értettük az egyetemi, kutatóintézeti és minden más, köz- vagy magán finanszírozású kutatóhelyet is. De – ahogy említettük –, több lehetséges választ is adhattak a kitöltők.

A hatósági ellenőrzés területén a válaszadók mindössze 8,8 %-a dolgozik.

Tehát az élelmiszerfeldolgozás, az akadémiai és a hatósági ellenőrzés területén összesen 95,3 % válaszadó dolgozik. Tehát a megkérdezettek közel öt százaléka (4,7 %) dolgozik egyéb területen. Közvetlen tapasztalatunk szerint ide tartoznak például a tanácsadók, illetve a kormányzati szférában dolgozók.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönjük azon egyetemi, kutatóintézeti, élelmiszeripari, hatósági ellenőrző szervezeteknél dolgozó, élelmiszerekkel foglalkozó szakértő kollégák segítségét, akik kérdőívünk személyes lekérdezése során véleményükkel segítették munkánkat.

8. Melléklet

Ön egy kizárólag növényi alapanyagokból készült élelmiszer képét látja

Hogyan nevezné el a terméket?”

Válasz:

„Az alábbiak közül mely elnevezéseket tartja megfelelőnek?”

	teljesen egyetértek vele	elfogadható	nem megfelelő
hamburger			
burger			
húspogácsa			
növényi hamburger			
zöldség hamburger			
növényi burger			
zöldség burger			
vegetáriánus hamburger			
vegetáriánus burger			
vegie-burger			
növényi húspogácsa			
növényi pogácsa			
zöldség pogácsa			
növényi szelet			
zöldség szelet			
vegetáriánus szelet			

„Általánosságban melyik kifejezést tartja megfelelőnek a kizárólag növényi alapanyagból készült élelmiszerek megnevezésére?”

	teljesen egyetértek vele	elfogadható	nem megfelelő
húspótló (élelmiszer)			
húshelyettesítő (élelmiszer)			
húsimitátum (élelmiszer)			
húsanalóg (élelmiszer)			
hús jellegű (élelmiszer)			
alternatív hús (élelmiszer)			
növényi hús (élelmiszer)			
növényi eredetű húspótló (élelmiszer)			
növényi eredetű húshelyettesítő (élelmiszer)			
növényi eredetű húsimitátum (élelmiszer)			
növényi eredetű húsanalóg (élelmiszer)			

Egyéb, éspedig:

Demográfiai adatok (kizárólag statisztikai elemzés céljára használjuk):

Neme:

Férfi	Nő

Vegetariánus:

igen	nem

Élelmiszer-tudomány, -technológia, vagy táplálkozástudomány területén szerzett szakmai tapasztalata:

0-5 év	6-15 év	16 évnél több

Élelmiszer-feldolgozó iparban dolgozik/dolgozott:

igen	nem

Akadémia szférában dolgozik/dolgozott:

igen	nem

Hatósági ellenőrzés területén dolgozik/dolgozott:

igen	nem

Egyéb területen dolgozik/dolgozott:

igen	nem

Amennyiben részletesebben is kifejtené véleményét a témakörrel vagy szeretne értesülni az eredményekről, akkor kérjük, hogy adja meg nevét és elérhetőségét.

név:	
e-mail:	
telefonszám:	

A SZTE Élelmiszermérnöki Intézetében folyó kutatáshoz kérjük kb. 6-7 percben a segítségét. A válaszait anonim használjuk fel.

Ön egy kizárólag növényi alapanyagokból készült ételképét látja:



9. Irodalom

- [1] ADM (2020): Top Five Global Trends that will Shape the Food Industry in 2021. *Nutraceuticals Now*. Wednesday, 28 October, 2020. <https://www.nutraceuticalsnow.com/articles/2020/10/28/top-five-global-trends-willshape-food-industry-2021/> Hozzáférés: 2022.10. 07.
- [2] Y. Jin et al. (2018): Evaluating Potential Risks of Food Allergy and Toxicity of Soy Leghemoglobin Expressed in *Pichia pastoris*. *Mol Nutr Food Res*. 2018 Jan; 62(1): 1700297. Published online 2017 Oct 17. doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700297>
- [3] Impossible (2020): <https://buy.impossiblefoods.com/> Hozzáférés: 2022.10. 06.
- [4] Beyond Buzz (2020): <https://www.beyondmeat.com/about/press/> Hozzáférés: 2022.10. 07.
- [5] Bánáti D. (2020): Flexitarianism – the sustainable food consumption? (Flexitariánus étrend – a fenntartható táplálkozás?) *Journal of Food Investigation*. Vol. 68, No. 3., (Élelmiszervizsgálati közlemények – 2022. LXVIII. évf. 3. szám) pp: 4058-4091 DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/3-6-HUN>
- [6] Bánáti D. (2020): Veggie burgers, vegan meats? The ruling of the European Parliament paved the way for meat substitutes with meat denominations. (Vega hamburgerek, vegán húsok? Az Európai Parlament döntése a növényi alapú húspótló élelmiszerek elnevezéséről.) *Journal of Food Investigation*. Vol. 66. No. 4. / LXVI. évf. 4. szám, pp.: 3159-3174.

Terminology of plant-based meat alternatives

A survey among Hungarian food science, food technology and nutrition experts

Kulcsszavak: plant-based meat alternatives, meat analogues, terminology, imitation meat

1. ÖSSZEFOGLALÁS

In order to contribute to the correct information of consumers, we sought the most appropriate, objective and widely used name in the literature for foods that are similar to meat products and are made exclusively from plant-based ingredients, called “plant-based meat alternatives” or “meat analogues”. It is necessary to use terms that are not misleading, objective and informative, but at the same time easy to understand.

A personal questionnaire survey was carried out with 58 native Hungarian-speaking food science, food technology and nutrition professionals to find the most professionally accepted, consensus-based Hungarian terms for the product group.

Based on the results of our survey, we recommend the use of the terms “substitute” and “substitute” for (meat), as opposed to “kind”, “analogue”, “alternative” and “imitation” for (meat), which were generally rejected. The adjective structure “vegetable” is generally more accepted than the adjective structure “vegetable”.

¹ University of Szeged, Faculty of Engineering, Institute of Food Engineering

2. Summary

Plant-based diets are becoming increasingly important for both health-conscious and environmentally conscious consumers and are even contributing to a sustainable food supply chain.

In the last few years, plant-based foods and prepared meals, which are traditionally known as meat-based dishes, have been increasingly available in increasing quantities and variety on the international and domestic markets. This is one of the biggest food innovations of our time and one of the most popular trends.

Burger alternatives and other new innovative products, alternative meat substitutes (so-called 'plant-based meat alternatives') such as 'vegan burgers', 'soy steaks', 'tofu sausages' and the like are emerging.

The consumption of plant-based foods is growing at an unprecedented rate [1]. Such foods are increasingly available to vegetarians and even more strict vegans, as well as to flexitarians who occasionally choose a meat-free diet.

After the first plant-based meat analogue, the Impossible™ Burger [2] and Beyond Meat [3], a succession of plant-based foods mimicking the colour, texture and taste of meat and meat products have appeared commercially and in fast food chains.

Flexitarians have become the largest dietary group after omnivores (carnivores) and have a major role to play in effectively reducing the consumption of meat and other animal products and thus in combating climate change [4].

Taking into account all those who actively reduce or completely abandon at least some animal products, including vegetarians, pescatarians and flexitarians, this group represents 30.8% of the total population: 10–30% of Europeans no longer consider themselves to be fully carnivorous.

Like the terms, 'vegetarian' and 'flexitarian', the terms 'plant-based diet' have no official definition in the EU. Nor has the meaning of the term 'plant-based meat alternatives', which is most commonly used in the English literature and press, been defined.

On the one hand, there has been a heated debate in the European Union about the designation of meat substitutes. Questions have arisen as to whether terms such as 'vegetarian hamburger' or 'soya sausage' are misleading to the consumer. The European Parliament has decided that 'meat' can be plant-based, but only milk of animal origin can be called milk. Plant-based products cannot be called milk, cream, butter, cheese or yoghurt because the legislation states that they can only be used to describe food of animal origin [5, 6].

On the other hand, there is no uniform terminology to describe this group of products, as the terms "meat analogues" and "meat substitutes" are used in international communication alongside "plant-based meat alternatives". In addition, "plant-based meat substitutes" and "plant-based meat alternatives" have started to be translated into Hungarian as "meat imitates" and other terms.

Obviously, simple, understandable terms should be used for consumers, but how acceptable are these to the professional public?

3. Objective

As the content of the Hungarian terms occasionally used for the so-called "plant-based meat alternatives" is unclear and they are not clearly synonymous, and some of them have a pejorative connotation (e.g., "imitation"), it was deemed necessary to develop a professional consensus on the subject in order to provide objective information.

Our aim was to achieve a broader acceptance of the terms, which would be easily understood by consumers.

4. Method

A survey was conducted among Hungarian experts (food science and technology, nutrition academia and industry) on the acceptable Hungarian names for foods made from plant-based ingredients and appearing to be meat products.

The questionnaire was sent to experts in person at conferences organised by the Hungarian Nutrition Society and the BSE Platform in June and October 2022, and by direct mail between June and October 2022. Lecturers and researchers from three major universities in Hungary, as well as middle and senior managers of food processing companies and employees of official food control institutions participated in the questionnaire based on a personal interview.

The first question of the questionnaire was a spontaneous question, asking respondents to identify the name of a product based on a picture of a product that looked like a hamburger but was described as being made exclusively from vegetable ingredients (**Figure 1**). At this point in the face-to-face interview, the respondent could not yet see the possible names offered.



Figure 1. Illustration used for the spontaneous response to our survey

The second set of questions offered possible different descriptions for the same food shown in the picture. From these, the respondent had to choose

- 1) which one is “not appropriate”,
- 2) which is “acceptable” and
- 3) which was completely appropriate (“completely agree”).

The third set of questions generally offered different options for the general description of plant-based foods that appear to be meat/meat products. These were to be judged according to the same three categories. Although we have tried to list as many possible answers in Hungarian as possible, we have tried to keep the questionnaire short, quick to fill in and to the point. Thus, the substantive questions were only one page, followed by a few demographic questions. The questionnaire is presented in **Table 1**.

5. Demographic data

The questionnaire was completed by 58 respondents in the form of a personal interview. Even for the demographic questions, our questionnaire only covered the strictly necessary facts, such as the gender of the experts, their professional experience (0-5; 6-15; 16+ years) and the sector in which they work (food processing; academic sector, i.e., university or research institute; official control and others). We also asked whether the respondent was a vegetarian or not.

6. Results

6.1 Spontaneous product name

In response to the first spontaneous question on how the respondent would name the product made exclusively from vegetable ingredients shown in **Figure 1**, the vast majority of respondents suggested the term “veggie burger”. A total of 77 possible names were collected from 58 respondents, of which 37 different names could be distinguished. One person could not suggest a Hungarian name. Twenty respondents gave two different answers.

Of the 77 responses, 23 gave the name “vegan burger” (29.87%) and 6 gave the name “vegan burger”. So the terms “vegan burger” or “vegan burger” were used in a total of 37.66% of the 77 responses. Furthermore, 6 people chose the name “hamburger”.

Below is a list in alphabetical order of all possible names that were mentioned by only one respondent:

organic burger fake burger, sustainable, yummy.yummy green burger, burger substitute, burger-like product, herba sandwich, meatless burger, fake burger, fake burger, non-burger, plant-based food, plant-based burger, plant-based burger,

Some respondents used the following terms to emphasise the vegetable nature of the product:

plant burger, plant burger, plant buri, plant patty, plant based food, plant based burger, vegetable burger, vegetable meatloaf, plant based burger, plant patty, herba sandwich, plant burger, plantby/plantby, vegetarian sandwich, veggie hamb, vegan protein hamb, veggie burger.

Others have suggested a sustainable name for plant-based products: green burger, green buri, green patty, green burger, sustainable.

And a group of respondents highlighted the origin of the product from non-animal meat, not “real” meat: fake burger, fake burger, fake hamburger, meatless hamburger, hamburger substitute, hamburger-like product, not burger.

There was also a reference to the innovative nature of the product: trendy burger.

The terms ‘organic burger’, ‘yummy-yummy’ and ‘sandwich’ did not fit into any of these categories.

6.2. Preferred terms

Based on the same picture (**Figure 1**), we asked targeted questions about possible Hungarian names for the product group. Sixteen different names were given (**Table 1**). These included the terms slice, scone (as meat patty), burger and hamburger, which were varied with vegetable, vegetable and vegetarian. Each respondent was asked to decide whether, as an expert, they fully agreed with the term, whether the term was acceptable to them or not acceptable at all. We deliberately did not give the answer option “I don’t know (decide)”.

The term “meat pie” was unanimously (98.25%) rejected by respondents. The term “vegetable meatballs” was also not liked by the experts, being rejected by 73%. Two thirds of experts (66.66%) rejected the term “hamburger”. The terms “vegetable schnitzel”, “vegetable schnitzel” and “vegetarian schnitzel” were unanimously (60%) rejected.

The least objection was to the term “veggie burger”, which was rejected by only 10%. The terms “vegetarian burger” and “veggie burger” were judged in the same way by the experts, with 50% in full agreement and 36% finding them acceptable.

The experts’ opinions on all the terms studied are presented in **Figure 2**.

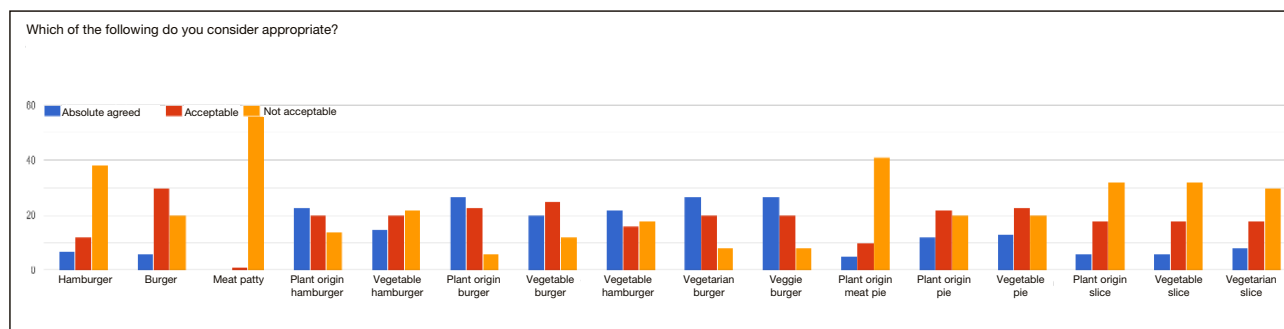


Figure 2. Acceptability of possible names for a food made from plant-based ingredients reminiscent of a traditional hamburger

6.3. General description of the product group

Foodstuffs made exclusively from vegetable raw materials, which are intended to replace or substitute foodstuffs made from meat of animal origin and which also resemble meat products in appearance, are gaining ground.

For the next question, we wanted to know what terms could be used in general for meat substitutes (often referred to as plant-based meat alternatives or meat analogues).

More general terms such as “meat substitute”, “meat substitute”, “meat analogue”, “meat-like”, “alternative” or “meat imitation” were given.

While in the English literature the terms plant-based meat alternatives or plant-based meat analogues are most commonly used, Hungarian experts have rejected the names described as meat alternatives or meat analogues by mirror translation.

The term “plant-based meat” was rejected by 74% of the experts, and the terms “meat-like” (72.7%), “meat alternative” (59%) and “meat analogue” (52.7%) were not considered appropriate. The term “imitation meat” was considered inappropriate by half of the respondents (51%).

The lowest level of disagreement (16%) and the highest level of agreement (41%) was found for “meat substitute (food) of plant origin”. This was followed by the term “meat substitute (food)” with 35% support and 19.6% disagreement. In both cases the word “... substitute” was used. The term “meat substitute (food)” was considered acceptable by more than half of the respondents (50.8%). A summary of the results is shown in **Figure 3**.

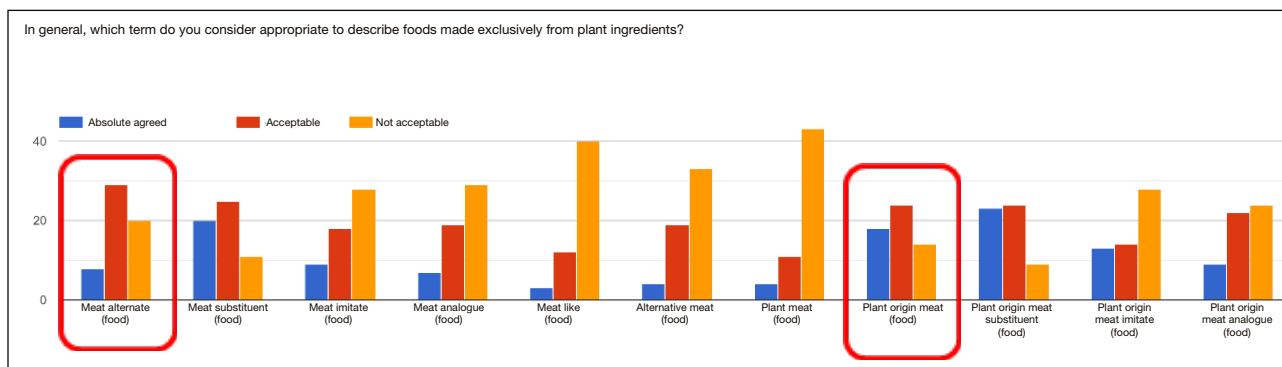


Figure 3. Acceptability of generic names for the product group

So, based on the experts’ opinions and the results of our survey, we recommend the use of the terms “substitute” and “replacement”, as opposed to “kind”, “alternative” and “analogue”, which were generally rejected.

When completing our questionnaire, we also gave respondents the opportunity to suggest other generic terms, and 17 respondents took up this option. Some of the relevant suggestions are: “do not include the word meat at all”, “it is better to use the name of the raw material (e.g., mushroom) instead of ‘vegetable’ or ‘plant’” and “vegetable protein preparation”.

The adjective structure ‘vegetable’ is generally more acceptable than the adjective structure ‘vegetable’. For example, for both “veggie burger” vs “veggie burger” and “veggie hamburger” vs “veggie hamburger”, the “veggie” product name was more acceptable.

Taking the “completely agree” and “agreeable” responses together, the support for the terms “vegetable burger” (76%) and “vegetable burger” (89%) was higher in both cases compared to “vegetable burger” (61%) and “vegetable burger” (78%).

6.4. Presentation of demographic data

A significant number of respondents were women (68.4%).

When asked if the professional completing the questionnaire declared themselves to be a vegetarian, a low proportion of respondents answered yes, only 3.5%, which is below the number of vegetarians in the national population, estimated to be around 5%. Since the respondents belonged to a narrower segment, the difference between the percentage obtained and the expected percentage can be considered to be within the margin of error.

Based on the answers to the questions on professional experience, the majority have been in the field for more than 16 years and are therefore considered to be senior experts.

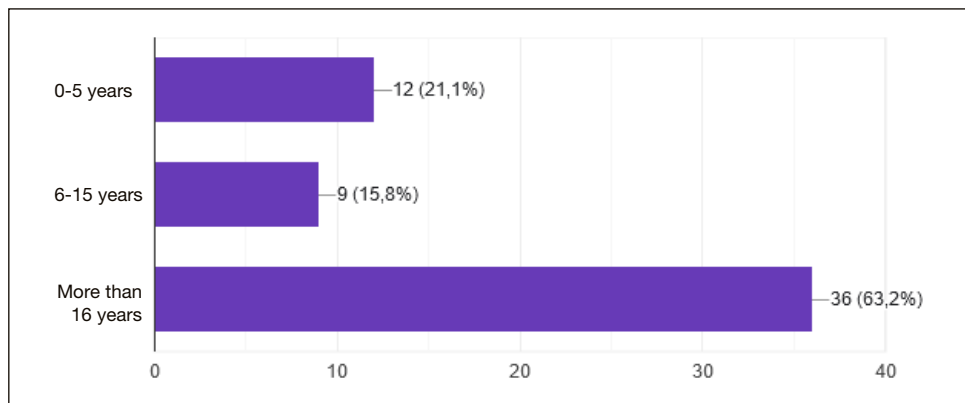


Figure 4. Distribution of experts by experience

There were four possible answers based on the field of work experience and two options were possible, as it is realistic that experts may have additional activities or spent a significant part of their career in another field.

Almost one third of respondents (28.6%) work in the food processing sector.

Unsurprisingly for the authors, there is a predominance of respondents from the academic sector (57.9%), but it is important to stress that this includes universities, research institutes and all other publicly or privately funded research organisations. But, as mentioned above, there were several possible answers.

Only 8.8% of respondents work in the field of public control.

Thus, a total of 95.3% of respondents work in food processing, academia and official control. This means that almost five percent of respondents (4.7%) work in other fields. In our direct experience, this includes, for example, consultants and those working in the government sector.

7. Acknowledgements

We would also like to thank the food experts working in universities, research institutes, food industry and regulatory control organisations who helped us with our questionnaire by providing their opinions during the face-to-face interviews.

8. Annex

You are looking at a picture of a food made exclusively from plant ingredients

How would you name the product?"

Answer:

“Which of the following names do you consider appropriate?”

	completely agree	acceptable	not appropriate
Hamburger			
Burger			
Meat patty			
plant hamburger			
Vegetable hamburger			
Plant burger			
Vegetable burger			
Vegetarian hamburger			
Vegetarian burger			
Veggie Burger			
Plant meat patty			
Plant patty			
Plant patty			
Vegetable patty			
Plant patty			
Vegetarian patty			

“In general, which term do you consider appropriate to describe foods made exclusively from vegetable ingredients?”

	completely agree	appropriate	no agree
Meat substitute (food)			
Meat substitute (food)			
Meat imitation (food)			
Meat analogue (food)			
Meat-like (food)			
Alternative meat (food)			
Vegetable meat (food)			
Vegetable meat substitute (food)			
Vegetable meat substitute (food)			
Plant-derived meat substitute (food)			
Meat analogue of plant origin (food)			

Other, namely:

Demographic data (used for statistical analysis purposes only):

Gender:

Male	Female

Vegetarian

Yes	No

You age:

0-5 years	6-15 years	more than 16 years

Professional experience in food science, technology or nutrition:

Yes	No

Employed/worked in academia:

Yes	No

Worked/worked in the field of official control:

Yes	No

Worked in other fields:

Yes	No

If you would like to comment in more detail on this topic or would like to receive the results, please provide your name and contact details.

Name	
E-mail:	
Phone no	

For the research at the Institute of Food Engineering at the University of Szeged, please allow about 6-7 minutes. Your answers will be used anonymously.

You are looking at a picture of a food made exclusively from plant-based ingredients:



9. References

- [1] ADM (2020): Top Five Global Trends that will Shape the Food Industry in 2021. *Nutraceuticals Now*. Wednesday, 28 October, 2020. <https://www.nutraceuticalsnow.com/articles/2020/10/28/top-five-global-trends-willshape-food-industry-2021/> Hozzáférés: 2022.10. 07.
- [2] Y. Jin et al. (2018): Evaluating Potential Risks of Food Allergy and Toxicity of Soy Leghemoglobin Expressed in *Pichia pastoris*. *Mol Nutr Food Res*. 2018 Jan; 62(1): 1700297. Published online 2017 Oct 17. doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700297>
- [3] Impossible (2020): <https://buy.impossiblefoods.com/> Hozzáférés: 2022.10. 06.
- [4] Beyond Buzz (2020): <https://www.beyondmeat.com/about/press/> Hozzáférés: 2022.10. 07.
- [5] Bánáti D. (2020): Flexitarianism – the sustainable food consumption? (Flexitariánus étrend – a fenntartható táplálkozás?) *Journal of Food Investigation*. Vol. 68, No. 3., (Élelmiszervizsgálati közlemények – 2022. LXVIII. évf. 3. szám) pp: 4058-4091 DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2022/3-6-HUN>
- [6] Bánáti D. (2020): Veggie burgers, vegan meats? The ruling of the European Parliament paved the way for meat substitutes with meat denominations. (Vega hamburgerek, vegán húсок? Az Európai Parlament döntése a növényi alapú húspótló élelmiszerek elnevezéséről.) *Journal of Food Investigation*. Vol. 66. No. 4. / LXVI. évf. 4. szám, pp.: 3159-3174.

Nemzeti szabványosítási hírek

A következő felsorolásban szereplő szabványok megvásárolhatók vagy megrendelhetők az MSZT Szabványboltban (1082 Budapest VIII., Horváth Mihály tér 1., telefon: 456-6893, telefax: 456-6841, e-mail: kiado@mszt.hu; levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450), illetve elektronikus formában beszerezhetők a www.mszt.hu/webaruhaz címen.

A nemzetközi/európai szabványokat bevezetjük magyar nyelven, valamint magyar nyelvű címdallal és angol nyelvű tartalommal. A magyar nyelven bevezetett nemzetközi/európai szabványok esetén külön feltüntetjük a magyar nyelvű hozzáférést.

2022. július – 2022. november hónapban bevezetett szabványok:

07.100.30 Élelmiszer-mikrobiológia

MSZ EN ISO 4833-1:2013/A1:2022 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására. 1. rész: Telepszámlálás 30 °C-on lemezöntéssel módszerrel. 1. módosítás: Az alkalmazási terület pontosítása (ISO 4833-1:2013/Amd 1:2022) – Az MSZ EN ISO 4833-1:2014 módosítása –

MSZ EN ISO 11133:2014/A2:2020 Élelmiszer, takarmány és víz mikrobiológiája. A tápközegek előkészítése, előállítása, tárolása és teljesítményvizsgálata. 2. módosítás (ISO 11133:2014/Amd 2:2020) – Az MSZ EN ISO 4833-1:2014 módosítása –

MSZ EN 15634-1:2020 Élelmiszerek. Élelmiszer-allergének kimutatása molekuláris biológiai módszerekkel. 1. rész: Általános szempontok – Az MSZ EN 15933:2013 helyett –

MSZ EN 15634-2:2020 Élelmiszerek. Élelmiszer-allergének kimutatása molekuláris biológiai módszerekkel. 2. rész: Zeller (*Apium graveolens*). Specifikus DNS-szekvencia kimutatása főtt kolbászokban, valós idejű PCR-rel

MSZ EN ISO 23418:2022 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Teljes genomszekvenálás a baktériumok tipizálására és genomikai jellemzésére. Általános követelmények és útmutatás (ISO 23418:2022)

13.020.55 Bioalapú termékek

MSZ EN 17605:2022 Algák és algából készült termékek. Mintavételi és elemzési módszerek. Mintakezelés

65 Mezőgazdaság

65.120 Takarmányanyagok

MSZ EN 17504:2022 Takarmányok. Mintavételi és elemzési módszerek. A gosszipol meghatározása gyapotmagban és takarmányokban, LC-MS/MS-sel

67 Élelmiszeripar

67.050 Élelmiszertermékek vizsgálatának és elemzésének általános módszerei

MSZ EN 1787:2022 Élelmiszerek. A besugárzottság ESR-spektroszkópiás kimutatása cellulóztartalmú élelmiszerekből – Az MSZ EN 1787:2001 helyett –

MSZ EN 13708:2022 Élelmiszerek. A besugárzottság ESR-spektroszkópiás kimutatása kristálycukrot tartalmazó élelmiszerekből – Az MSZ EN 13708:2002 helyett –

67.100 Tej és tejtermékek

MSZ EN ISO 23319:2022 Sajtok és ömlesztett sajtok, kazeinek és kazeinátok. A zsírtartalom meghatározása. Gravimetriás módszer (ISO 23319:2022) – Az MSZ EN ISO 1735:2004 helyett –

67.140 Tea. Kávés. Kakaó

MSZ ISO 11287:2022 Zöld tea. Fogalom meghatározás és alapvető követelmények

67.200 Étolajok és -zsírok. Olajmagvak

MSZ EN 14111:2022 Zsír- és olajszármazékok. Zsírsav-metil-észterek (FAME). A jódszám meghatározása – Az MSZ EN 14111:2004 helyett –

¹ Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)

Review of national standardization

The following Hungarian standards are commercially available at MSZT (Hungarian Standards Institution, H-1082 Budapest, Horváth Mihály tér 1., phone: +36 1 456 6893, fax: +36 1 456 6841, e-mail: kiado@mszt.hu, postal address: H-1450 Budapest 9., Pf. 24) or via website: www.mszt.hu/webaruhaz.

Published national standards from July 2022 to November 2022

07.100.30 Food microbiology

MSZ EN ISO 4833-1:2013/A1:2022 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique. Amendment 1: Clarification of scope (ISO 4833-1:2013/Amd 1:2022) – which is amendment of MSZ EN ISO 4833-1:2014 –

MSZ EN ISO 11133:2014/A2:2020 Microbiology of food, animal feed and water. Preparation, production, storage and performance testing of culture media. Amendment 2 (ISO 11133:2014/Amd 2:2020) – which is amendment of MSZ EN ISO 4833-1:2014 –

MSZ EN 15634-1:2020 Foodstuffs. Detection of food allergens by molecular biological methods. Part 1: General considerations – which has withdrawn the MSZ EN 15933:2013 –

MSZ EN 15634-2:2020 Foodstuffs. Detection of food allergens by molecular biological methods. Part 2: Celery (*Apium graveolens*). Detection of a specific DNA sequence in cooked sausages by real-time PCR

MSZ EN ISO 23418:2022 Microbiology of the food chain. Whole genome sequencing for typing and genomic characterization of bacteria. General requirements and guidance (ISO 23418:2022)

13.020.55 Biobased products

MSZ EN 17605:2022 Algae and algae products. Methods of sampling and analysis. Sample treatment

65 Agriculture

65.120 Animal feeding stuffs

MSZ EN 17504:2022 Animal feeding stuffs: Methods of sampling and analysis. Determination of gossypol in cotton seed and feeding stuff by LC-MS/MS

67 Food technology

67.050 General methods of tests and analysis for food products

MSZ EN 1787:2022 Foodstuff. Detection of irradiated foodstuff containing cellulose by ESR spectroscopy – which has withdrawn the MSZ EN 1787:2001–

MSZ EN 13708:2022 Foodstuffs. Detection of irradiated foodstuff containing crystalline sugar by ESR spectroscopy – which has withdrawn the MSZ EN 13708:2002 –

67.100 Milk and milk products

MSZ EN ISO 23319:2022 Cheese and processed cheese products, caseins and caseinates. Determination of fat content. Gravimetric method (ISO 23319:2022) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 1735:2004 –

67.140 Tea. Coffee. Cocoa

MSZ ISO 11287:2022 Green tea. Definition and basic requirements

67.200 Edible oils and fats. Oilseeds

MSZ EN 14111:2022 Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of iodine value – which has withdrawn the MSZ EN 14111:2004 –

For further information please contact Ms Anna Szalay, sector manager on food and agriculture, e-mail: a.szalay@mszt.hu

¹ Hungarian Standards Institution

Szerzőink / Authors

BÁNÁTI Diána Prof. Dr.

Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar Élelmiszermérnöki Intézet
University of Szeged, Faculty of Engineering, Institute of Food Engineering

BÉKÉS Ferenc Prof. Dr.

Az MTA külső tagja, FBFD PTY LTD NSW Australia
External member of Hungarian Academy of Science, FBFD PTY LTD NSW Australia

D'AMICO Stefano Dr.

AGES, Ausztria / Austria

FARKAS Alexandra

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport / Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

FELKAI Beáta Olga Dr.

Agrárminisztérium, Élelmiszergazdasági és -minőségpolitikai Főosztály
Ministry of Agriculture, Department of Food Economics and Quality Policy

GERGELY Szilveszter Dr.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

GYIMES Ernő Dr.

Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar Élelmiszermérnöki Intézet
University of Szeged, Faculty of Engineering, Institute of Food Engineering

HAJAS Livia

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

HAJDINÁK Péter

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

JAKSICS Edina

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

JUHÁSZNÉ SZENTMIKLÓSSY Marietta

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

KOEHLER Peter Prof. Dr.

Biotask AG, Németország / Germany

KORMOSNÉ BUGYI Zsuzsanna Dr.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Bioteknológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszermínőség Kutatócsoport / Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group

KUTI Beatrix Adrienn

*Agrárminisztérium, Élelmiszergazdasági és -minőségpolitikai Főosztály
Ministry of Agriculture, Department of Food Economics and Quality Policy*

MUSKOVICS Gabriella

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group*

NÉMETH Renáta Dr.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group*

POMS Roland Ernest Prof. Dr.

MoniQA Association

SALGÓ András Prof. Dr.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Budapest University of Technology and Economics*

SCHALL Eszter Dr.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group*

SCHERF Katharina Prof. Dr.

Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Biosciences, Department of Bioactive and Functional Food Chemistry, Németország / Germany

SCHÖENLECHNER Regine Prof. Dr.

University of Natural Resources and Life Sciences, Ausztria / Austria

SZARKA András Prof. Dr. *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport / Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group*

TÖMÖSKÖZI Sándor Dr.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group*

TÖRÖK Kitti Dr.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Cereal Science and Food Quality Research Group*

XHAFERAJ Majlinda

Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Biosciences, Department of Bioactive and Functional Food Chemistry, Németország / Germany

Együtt folytatja az Eurofins és a WESSLING Hungary Kft.

Magyarország egyik vezető szolgáltatója a világ legnagyobb laboratóriumphálózatához csatlakozik

A fennállásának 30. évfordulóját ünneplő, élelmiszerbiztonsági, környezet- és egészségvédelmi vizsgálatokat végző, valamint szaktanácsadást nyújtó WESSLING Hungary Kft. mostantól az Eurofins Scientific (EUFI.PA) nemzetközi szinten is piacvezető vállalatcsoporthoz csatlakozik.

Az ÉVIK szerkesztését és kiadását tíz éven át vállaló WESSLING Hungary Kft. – 1992-es alapítása óta – néhány év alatt vált Magyarország egyik vezető laboratóriumi szolgáltatójává: már az első nagy környezetvédelmi projektek során meghatározó szerepet vívott ki magának a hazai vizsgálólaboratóriumok között, portfólióját pedig folyamatosan bővítette élelmiszer-biztonsági és egészségvédelmi akkreditált vizsgálatokkal, valamint szaktanácsadással. A Dr. Zanathy László által vezetett és a nemzetközi WESSLING-csoport által alapított vállalkozás 2021-ben már 15 millió eurós bevételt ért el, jelenleg több, mint 300, kiemelkedően szakképzett alkalmazottat foglalkoztat budapesti tudásközpontjában, amelynek 5000 m²-es alapterületű laboratóriumait a legmodernebb vizsgálóberendezésekkel és technológiával szerelték fel.

Az Eurofins hasonló sikersztorit tudhat magáénak nemzetközi szinten, jelenleg piacvezető a környezeti, kozmetikai, élelmiszer- és gyógyszervizsgálatok, valamint a kutatási farmakológia, a kriminalisztika, a korszerű anyagtudomány és a mezőgazdasági szerződéses kutatási tudományok területén.

A vállalatot Dr. Gilles Martin alapította 1987-ben a franciaországi Nantes városában 3 alkalmazottal. Az évek során a cég nemzetközi terjeszkedésbe kezdett, 1997-ben tőzsdére lépett, napjainkra már a CAC40 tagja. A világ 59 országában, több, mint 940 világszínvonalú laboratóriummal, 58000 alkalmazottal évente több mint 450 millió vizsgálatot végez forgalma éves közel 7 milliárd euro. A cégcsoport több mint 200 000 analitikai módszerből álló portfóliót kínál a különböző termékek biztonságának, azonosságának, összetételének, eredetének, nyomon követhetőségének és tisztaságának értékelésére, amellyel a Partnerek igényeit a lehető legszélesebb körben ki tudja szolgálni. Az Eurofins 2017-ben lépett a magyar piacra. Az elmúlt 5 évben kiépítette szolgáltatásait az élelmiszer- és környezetanalitika, a mezőgazdaság és állategészségügy területén, valamint felépített egy közel 4000 m²-es diagnosztikai teszt gyárat.

„Nagy örömmel köszöntöm a WESSLING Hungary Kft-t és az összes dolgozóját a Eurofins berkeiben, meggyőződésem, hogy együttes erővel még professzionálisabb szolgáltatást tudunk nyújtani a Partnereinknek, és hamarosan régiós viszonylatban is meghatározó szerepet töltünk be” – mondta Kishonti Alex, az Eurofins magyarországi vezetője.

„A WESSLING Hungary legfőbb értékei a minőség iránti elkötelezettség, a gyorsaság, az átláthatóság, az ügyfélorientáltság, a megbízhatóság, a szakértelem, valamint a hiteles és pontos kommunikáció. Magyarországon a legerősebb márkák és a legstabilabb cégek közé tartozik, az Eurofins-csoport tagjaként pedig még stabilabb jövő vár rá, és további nagyívű szakmai fejlődésre lesz lehetősége” – hangsúlyozta Dr. Zanathy László, a WESSLING Hungary Kft. ügyvezető igazgatója.

Az Eurofins és a WESSLING Hungary Kft. egymást erősítve tovább bővítik szolgáltatási kínálatukat Magyarországon.

Az Eurofins az Élelmiszervizsgálati Közlemények kiemelt támogatója és szakmai partnere marad a jövőben is!

**Komplex megoldást kínálunk;
Laboratóriumi vizsgálatok és
szaktanácsadás egy helyen**

**GYORSAN, PONTOSAN,
AKKREDITÁLTAN, PÁRTATLANUL**

- környezet
- élelmiszer
- mikrobiológia, GMO
- gyógyszer
- egészségvédelem
- étrend-kiegészítők
- csomagolóanyagok
- háztartás-vegyipari termékek





Megbízható Mennyiségi Meghatározás

Minden komponens, mátrix és felhasználó esetében

A tudományos és üzleti célok elérése csak megbízható eredmények birtokában lehetséges.

A felhasználási területtől függetlenül a Thermo Scientific™ TSQ hármass kvadrupol tömegspektrometriás rendszerei kiemelkedő precizitást biztosítanak a mennyiségi meghatározási feladatokra. Nagy felbontású SRM üzemmód, robusztusság, megbízhatóság és érzékenység egy készülékben, mely segítségével minden felhasználó a mérendő komponenstől vagy a mátrixtól függetlenül megbízható mérési eredményekhez juthat.



Thermo Scientific™ TSQ Altis™
hármass kvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Quantis™
hármass kvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Fortis™
hármass kvadrupol tömegspektrométer

További információk:

thermofisher.com/confidentquantitation

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.
Telefon: +36 1 221 5536
E-mail: unicam@unicam.hu
Web: www.unicam.hu

UNICAM

Élelmiszervizsgálati Közlemények / Journal of Food Investigation**Kiadó / Publisher:** MEDISTAB Kft., 2132 Göd Mátyás utca 15. / **HU ISSN 2676-8704****Felelős kiadó / Director:** Dr. Zanathyné Juni Katalin**Főszerkesztő / Editor in chief:** Dr. SZIGETI Tamás János**Szerkesztő / Editor:** KONECSNY Tímea, Dr. SZILVÁSSY Blanka Daniella, SZUNYOGH Gábor**Angol fordítás / English translation:** Dr. HANTOSI Zsolt**Honlap adminisztrátor / web admin.:** JUHÁSZ Péter**Szerkesztőbizottság / Editorial Board:**

- AMBRUS Árpád Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal (NÉBIH) főtanácsadó;
Retired university professor, National Food Chain Safety Office (NFCSSO) chief advisor*
- BÁNÁTI Diána Dr. *Egyetemi tanár, rektori megbízott, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar;
Full professor special advisor of the rector University of Szeged Faculty of Engineering*
- BARNA Sarolta Dr. *Igazgató, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal, Élelmiszerbiztonsági Kockázatértékelési Hivatal (NÉBIH, KÉI);
Director of National Food Chain Safety Office, Directorate of Risk Assessment (NFCSSO, DRA)*
- BÉKÉS Ferenc Dr. *Az MTA külső tagja, igazgató, FBFD PTY LTD NSW Ausztrália;
External Member of Hung. Acad. Sci., director of FBFD PTY LTD NSW Australia*
- BIACS Péter Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE);
Retired university professor Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS)*
- BIRÓ György Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar;
Retired university professor, Semmelweis University, Faculty of Health Sci.*
- BOROSS Ferenc Dr. *Ügyvezető elnök, Európai Minőségügyi Szervezet, Magyar Nemzeti Bizottság (EOQ MNB); Executive chairman, European Organization for Quality, Hungarian National Committee (EOQ HNC)*
- CSAPÓ János Dr. *Egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Sapientia Egyetem, Csíkszeredai Kar;
University professor, University of Debrecen, Sapientia Univ., Miercurea Ciuc)*
- DANK Magdolna Dr. *Egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem, Onkológiai Intézet;
University professor, Semmelweis University, Institute of Oncology*
- FARKAS József Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, akadémikus;
Retired university professor, academician*
- FODOR Péter Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, Professor Emeritus
Retired university professor, Professor Emeritus*
- GAGÁN Anita *J.S. Hamilton Hungaria Kft.*
- GYIMES Ernő Dr. *Egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar;
University docent, University of Szeged Faculty of Engineering*
- GYŐRI Zoltán Dr. *Nyugalmazott egyetemi tanár, intézetigazgató, Debreceni Egyetem;
Retired university professor, institute director, University of Debrecen*
- HANTOSI Zsolt Dr. *Angol nyelvi lektor, WESSLING Hungary Kft.; English lecturer, WESSLING Hungary Kft.*
- KASZA Gyula Dr. *Osztályvezető, Kockázatmegelőzési és Oktatási Osztály, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal (NÉBIH),
Egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE),
Címzetes egyetemi tanár, Állatorvostudományi Egyetem;
Head of Department of Risk Prevention and Education, National Food Chain Safety Office (NFCSSO),
Associate professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS),
Honored university professor, University of Veterinary Science*
- KONECSNY Tímea *Szerkesztő, WESSLING Hungary Kft.; Editor, WESSLING Hungary Kft.*
- KOVÁCS Béla Dr. *Egyetemi tanár, Debreceni Egyetem;
University professor, University of Debrecen*
- LUKIN, Aleksandr Dr. *Dél-uráli Állami Egyetem
South Ural State University (national research university),
Chelyabinsk, Russian Federation*

MARÁZ Anna Dr.	<i>Egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE); University professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS)</i>
MOLNÁR Pál Dr.	<i>Egyetemi tanár, Szegedi Egyetem Mérnöki Kar, elnök, Európai Minőségügyi Szervezet, Magyar Nemzeti Bizottság (EOQ MNB); University professor, University of Szeged Faculty of Engineering, chairman, European Organization for Quality, Hungarian National Committee (EOQ HNC)</i>
NAGY Edit	<i>Főtitkár, MAVÍZ; Secretary general, Hungarian Water Utility Association</i>
POPOVICS Anett Dr.	<i>Egyetemi adjunktus, Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar; Senior lecturer, University of Óbuda, Keleti Károly Faculty of Economics</i>
SALGÓ András Dr.	<i>Nyugalmazott egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; Retired university professor, Budapest Technical University</i>
SÁRDI Éva Dr.	<i>Egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Genetika és Növénynevelés Tanszék; University professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS), Department of Genetics and Plant Breeding</i>
SIMONNÉ SARKADI Livia Dr.	<i>Habil. egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Élelmiszertudományi Kar; Habil. university professor, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, (HUALS) Faculty of Food Sciences</i>
SIPOS László Dr.	<i>Egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék; University docent, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences (HUALS), Department of Commodity Management and Sensory Qualification</i>
SOHÁR Pálné Dr.	<i>Nyugalmazott főosztályvezető, NÉBIH; Retired head of department, NFCSO</i>
SZABÓ S. András Dr.	<i>Tanár, Ward Mária Gimnázium; Professor, Ward Mária High School</i>
SZALAY Anna	<i>Szabványosító menedzser, Magyar Szabványügyi Testület (MSZT); Standardization manager, Hungarian Standards Institution (HSI)</i>
SZEITZNÉ SZABÓ Mária Dr.	<i>Nyugalmazott igazgatóhelyettes, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal, Élelmiszerbiztonsági Kockázatértékelési Hivatal (NÉBIH, KÉI); Retired deputy director of National Food Chain Safety Office, Directorate of Risk Assessment (NFCSO, DRA)</i>
SZIGETI Tamás János Dr.	<i>Főszerkesztő, WESSLING Hungary Kft., Nyugalmazott Üzletfejlesztési igazgató, Projekt tanácsadó, WESSLING Hungary Kft., Címzetes főiskolai docens, Szegedi Egyetem Mérnöki Kar, Címzetes egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar; Editor in chief, WESSLING Hungary Ltd., Retired Business developing manager, Project adviser, WESSLING Hungary Ltd., Honorary docent, University of Szeged Faculty of Engineering Honorary docent, University of Debrecen, Faculty of Agriculture-, Food-science and Environmental Management</i>
SZILVÁSSY Blanka Daniella Dr.	<i>Élelmiszerbiztonsági felügyelő, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság Food safety inspector, National Food Chain Safety Office (NFCSO), Department of Food and Feed Safety</i>
SZUNYOGH Gábor	<i>Szerkesztő, WESSLING Hungary Kft., Osztályvezető, WESSLING Hungary Kft., Marketing osztály; Editor, WESSLING Hungary Ltd., Head of Marketing Department, WESSLING Hungary Ltd.</i>
TÖMÖSKÖZI Sándor Dr.	<i>Egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; University docent, Budapest Technical University</i>
VARGA László Dr.	<i>Egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszertudományi Tanszék Mosonmagyaróvár; University professor, Széchenyi István University, Faculty of Food and Agricultural Sciences, Department of Food Science, Mosonmagyaróvár</i>
ZANATHY László Dr.	<i>Ügyvezető igazgató, WESSLING Hungary Kft., CEO, WESSLING Hungary Ltd.</i>

Grafika / Graphic design: Adworks Kft., info@adworks.hu

Elérhetőségeink / Contact: H-1045 Budapest, Anonymus utca 6., +36 1 87 23 662, www.eviko.hu
sziget.tamas@wessling.hu, +36 30 39 69 109; konecsny.timea@wessling.hu, +36 20 53 51 160;
eviko.info@gmail.com

Kéziratok fogadása / Receiving manuscripts: sziget.tamas@wessling.hu, konecsny.timea@wessling.hu,
eviko.info@gmail.com

Hirdetés / Advertising: Konecsny Tímea, +36 20 53 51 160, konecsny.timea@wessling.hu

A lap negyedévente, elektronikus formában jelenik meg. / This journal appears quarterly in a year, in electronic form.

Minden jog fenntartva! / All right reserved!

A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül tilos a kiadvány bármilyen eljárással történő sokszorosítása, másolása, illetve az így előállított másolatok terjesztése. / Without the written permit of the publisher, duplication, copying or dissemination of this paper by any way is prohibited.

Az Élelmiszervizsgálati Közleményeket a MEDISTAB Kft. adja ki a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatallal (NÉBIH) együttműködve. / This Journal of Food Investigation is issued by the Wessling International Research and Educational Centre Nonprofit Ltd. with cooperation the National Food Chain Safety Office (NÉBIH).

A szakfolyóiratot a következő figyelő szolgáltatások vették jegyzékbe és referálják / The Journal of Food Investigation is have been referred and listed by the next monitoring services: SCOPUS, SCIMAGO, MATARKA / *Hungarian Periodicals Table of Contents*, Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ, Magyar Tudományos Művek Tára / *Hungarian Academy of Sciences, Library of Information Centre, Hungarian Scientific Bibliography Database* / *Publishers International Linking Association Inc. (Crossref (DOI) Registration Agency)*