

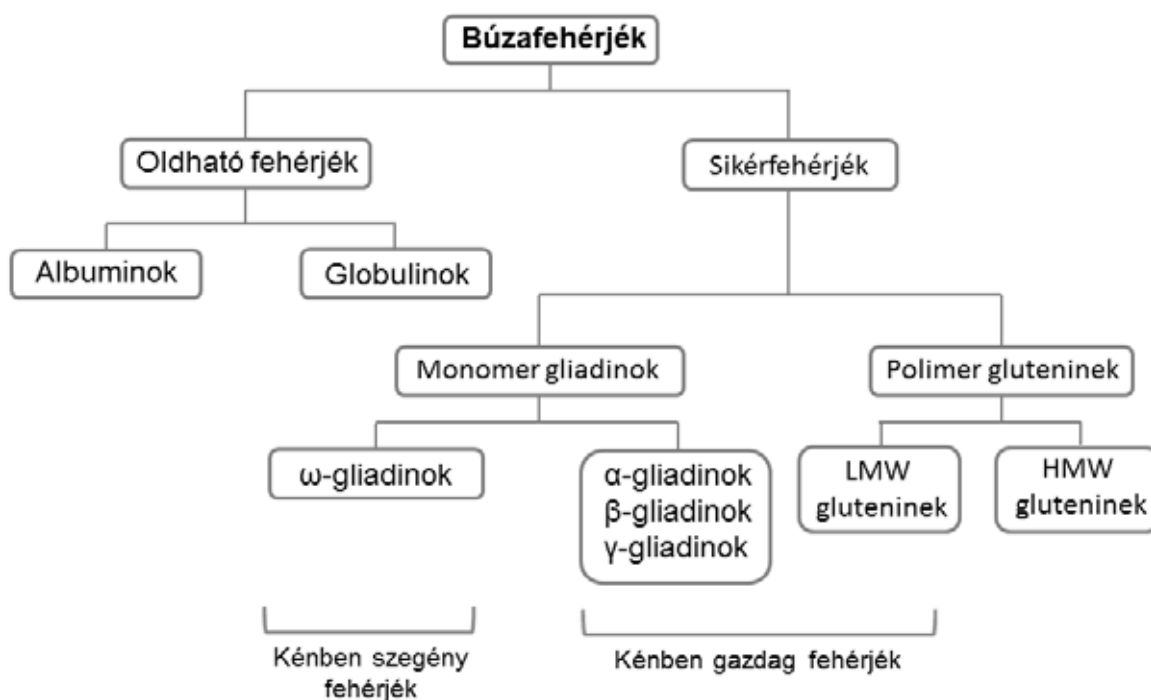
# Búzafehérjék technológiai műveletek során bekövetkező változásai és ennek hatása a sikértartalom ELISA módszerekkel történő meghatározásának eredményeire

Schall Eszter – Török Kitty – Hajas Livia – Bugyi Zsuzsanna – Tömösközi Sándor

## Összefoglalás

Az élelmiszeriparban alkalmazott technológiai kezeléseknek számos célja lehet. Ezek vonatkozhatnak az élelmiszer fogyaszthatóságának, élvezeti értékének növelésére, de élelmiszerbiztonsági szempontból is indokoltak lehetnek. Az alkalmazott feldolgozási lépések hatással lehetnek az élelmiszert alkotó komponensek szerkezetére. A túlérzékenységi reakciókat kiváltó fehérjék változása (denaturációja) befolyással lehet a betegséget kiváltó képességre (allergenitásra) valamint a detektálhatóságra is. Jelen munka összefoglalást kíván adni a feldolgozás hatására bekövetkező legfontosabb fehérjeszerkezeti változásokról és azok lehetséges következményeiről. A technológiai kezelés hatásait búzafehérje tartalmú modelltermékek immunanalitikai (ELISA) és méretkizárásos kromatográfiás (SE-HPLC) vizsgálatával követtük. Előzetes eredményeink a hőkezelés hatására bekövetkező makropolimer képződést, és így az immunkémiai reakciók gátoltságát valószínűsítik a tapasztalt eltérések lehetséges magyarázataként.

Komoly élelmiszerbiztonsági kérdést jelentenek az élelmiszerekben jelen levő olyan fehérje komponensek, melyek túlérzékenységi reakciót képesek kiváltani az arra hajlamos fogyasztókban. Mivel a betegek számára a leginkább biztonságos kezelési lehetőség, hogy a kiváltó komponenseket tartalmazó élelmiszerek fogyasztását kerülni kell, a komponensek jelenlétét egyértelműen fel kell tüntetni az élelmiszerek csomagolásán. A gluténtartalmú gabonák részét képezik annak a 14 élelmiszer-csoportnak, melyek a legtöbb nemkívánatos reakció kiváltásáért felelősek, és jelölésük kötelező az élelmiszerek csomagolásán (EU rendelet 1169/2011). Azonban a túlérzékenységi reakciók közül nem csak az allergiás reakciók kiváltásáért felelősek, hanem szerepet játszanak a cöliákia (lisztérzékenység) kialakulásában is. A lisztérzékenyeknek szánt élelmiszerekre kiterjedő szabályozást a 41/2009/EK, illetve a 1169/2011 európai jogszabályok foglalják össze, melynek értelmében megkülönböztetünk „gluténmentes” (<20 mg/kg glutén) és „nagyon alacsony gluténtartalmú” (<100 mg/kg glutén) termékeket (Scherf et al., 2015).



1. ábra: A búzafehérjék osztályozása (Khan & Shewry, 2009)

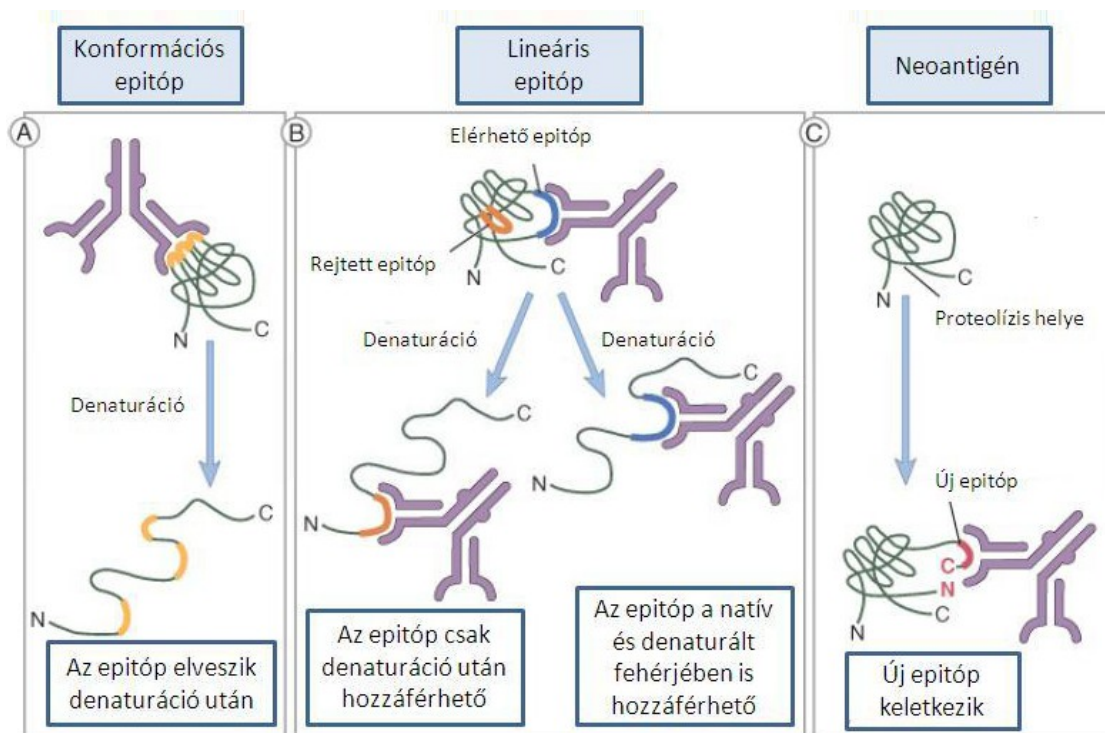
A búzafehérjék és általában a gabonafehérjék osztályozása az oldhatósági tulajdonságuk alapján az Osborne-féle csoportosítás szerint a következők: vízzoldható albuminok, sóoldatban oldódó globulinok, alkohol oldható prolaminok és a híg savban/lúgban oldódó glutelinek. Egyes gabonák prolaminjai különböző elnevezést kaptak: búza esetében gliadinokról, rozs esetében szekalinokról, árpa esetében pedig hordeinekről beszélhetünk. A búzában lévő prolamin és glutelin fehérjéket együttesen sikérnek (glutén) nevezzük. A gliadinok a sikér fehérjék kis molekulatömegű, monomer frakcióját képezik, amelyek hidrogén-hidakkal kapcsolódnak egymáshoz. A gliadinok elektroforetikus mozgékonyaságuk alapján  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - és  $\omega$ -gliadinokra oszthatók. A gluteninek a sikért képező polimer fehérjék, melyek kis molekulatömegű (LMW) illetve nagy molekulatömegű (HMW) alegységekre oszthatók (**1. ábra**) (Sharma, 2012).

A túlérzékenység típusától és az allergén szervezetbe jutási módjától (belégzés, lenyelés), a búza többféle allergiás reakciót válthat ki, illetve ezeket is többféle fehérje okozhatja. A búza allergiát a búza egyes fehérjéi okozzák, melyek ellen a szervezet immunrendszere IgE antitestek termelésével védekezik. A búza allergia a teljes élelmiszerallergiás esetek legnagyobb hányadát teszi ki (kb. 14-20 %) (Hischenhuber et al., 2006). A lisztérzékenység (cöliákia) kiváltásában elsődleges szerepet a búza gliadin fehérjéi játszanak. Azonban szerkezeti hasonlóságuk miatt nemcsak a búza, hanem a rozs és az árpa prolamin fehérjéi is okozhatnak rendellenességet. A lisztérzékenység egy

immunmediált, autoimmun betegség, és világszerte a fogyasztók kb. 1%-át érinti. A betegség kialakulását környezeti és genetikai tényezők is befolyásolhatják, előfordulása pedig nemtől és életkortól is függhet, ugyanis nők és gyerekek esetében több esetet regisztráltak (Rallabhandi, 2012).

A szervezetünkben az antitest az antigént annak egy különleges molekuláris eleméről (epitóp) ismeri fel és lép azzal kapcsolatba. Két típust különböztetünk meg (**2. ábra**): a konformációs epitóp a polipeptidlánc különböző részleteiből áll össze, mintegy háromdimenziós struktúrát alkotva, míg a lineáris epitópoknál a fehérje lánc elsődleges szerkezetének néhány aminosavból álló részlete vesz részt a specifikus fehérje-fehérje kapcsolat kialakulásában. Ezek mellett beszélhetünk úgynevezett neoantigénokről, melyek a natív fehérjében nincsenek jelen, de a fehérje szerkezetének külső hatásra (pl. technológiai műveletek során alkalmazott körülmények) történő megváltozása esetén kialakulhatnak (Gomaa & Boye, 2013).

A búza allergia és a cöliákia esetében az eltérő mechanizmusuk révén a betegségeket kiváltó komponensek is különbözőek, csak néhány átfedés tapasztalható. Számos olyan epitópot azonosítottak mindkét esetben, amelyek bizonyítottan károsak ezen túlérzékenységi reakciókban szenvedő fogyasztók számára. Az allergia esetében a fő allergén fehérjék az albuminok, a globulinok, az  $\omega$ -gliadinok és az LMW gluteninek csoportjaiból kerülnek ki. Ezek mellett a többi csoport is tartalmaz bizonyítottan allergiát okozó fehérjéket, ezek jelentősége azonban kisebb.



2. ábra: Az epitópok fajtái (Abbas et al., 2005)

A lisztérzékenységért felelős legjelentősebb fehérjék az  $\alpha$ -gliadinok, de azonosítottak káros fehérjéket a  $\gamma$ -gliadinok és az LMW gluteninek között is (Matsuo et al., 2015; Salentijn et al., 2012).

Az élelmiszeriparban alkalmazott feldolgozási lépések célja többféle lehet. Az alkalmazott technológia szolgálhat az élelmiszer állagának, ízének, emészthetőségének javítására, vagy akár az alapanyagban lévő mikrobiológiai eredetű veszélyforrások csökkentésére. Ilyen formán a feldolgozás során számos művelettel találkozhatunk, mint például a hőkezelés (sütés, főzés, pörkölés), fermentáció (enzimes, savas hidrolízis), fizikai kezelés (magas nyomáson való kezelés, extrúzió), tartósítószer használata, pH változtatása vagy ezek kombinációja (Davis & Williams, 1998; Verhoeckx et al., 2015).

A fehérjemolekulák különböző mértékben, de érzékenyen reagálnak fizikai, kémiai vagy biológiai környezetük változásaira. Az élelmiszer feldolgozás fizikai és kémiai módosulásokat indukálhat magukban a fehérjékben, de eredményezheti a fehérjék és az élelmiszert alkotó többi komponens közötti kölcsönhatások kialakulását is. A változások okozhatják többek között a fehérje kitekeredését, aggregációt, fragmentációt, hidrolízist, kovalens módosulást vagy teljes degradációt (Khuda et al., 2015). A fehérjékben az élelmiszer feldolgozás hatására bekövetkező változások irányának és mértékének megismerése két szempontból is lényeges. Egyrészt a technológiai műveletek hatására változhat reakcióképességük azáltal, hogy a meglévő epitópok sérülhetnek, de akár újak is kialakulhatnak. Másrészt szerkezetük, fizikai-kémiai tulajdonságaik és összetett molekulák, komplexek létrejötte miatt oldhatóságuk is jelentősen módosulhat, ami a mintaelőkészítés hatékonyságát is jelentősen befolyásolhatja (Gessendorfer et al., 2010). A

fehérjék denaturációjának kérdése tehát nem csak a túlérzékenységi reakciót kiváltó képességük miatt fontos, hanem kimutatásukra, mennyiségi meghatározásukra alkalmas analitikai módszerek teljesítőképessége, megbízhatósága szempontjából is. Jelenleg a legelterjedtebb módszerek a túlérzékenységi reakciót kiváltó fehérjék, vagy azokat tartalmazó alapanyagok mérésére alkalmas, immunkémiai reakción alapuló ELISA eljárások, melyek a célfehérje szelektív felismerésén és megkötésén alapulnak. Így ha a feldolgozás hatására változnak a fehérjék, azzal változhat oldhatóságuk, reakcióképességük, illetve egyéb, az analitikai módszertan szempontjából releváns tulajdonságuk, így nem megfelelő információt kaphatunk az élelmiszer valós glutén koncentrációjáról (Johnson et al., 2011).

Natív állapotában egy globuláris fehérje sajátos, nagyon összetett, magasan rendezett konfigurációban van jelen a biológiai márixokban. A fehérje elsődleges szerkezetét az aminosavak meghatározott sorrendje képezi. A másodlagos szerkezet a hidrogén kötések ismétlődő geometriájából ered a polipeptid gerincben, ami a nagyon sajátos  $\alpha$ -hélix és a  $\beta$ -redő kialakulását eredményezi. Ezek a régiók összekapcsolva építik az egész 3D konformációt, amit számos tényező stabilizál. A hidrofób csoportok a struktúra azon részében helyezkednek el, amelyek a vizes közegtől távol vannak, míg a hidrophil csoportok interakcióba lépnek a környező vízzel a fehérje felszínén. Ezt a natív konfigurációt stabilizálják a hidrofób kapcsolatok, hidrogén kötések, elektrosztatikus kapcsolatok és a diszulfid kötések. A feldolgozatlan élelmiszerben a fehérje túlnyomórészt ebben a stabil formában marad, törekedve az energiaminimumra (Davis & Williams, 1998).

Az alkalmazott technológiai lépések közül a hő-

|                                                | Hőmérséklet (°C) |         |         |          |           |
|------------------------------------------------|------------------|---------|---------|----------|-----------|
|                                                | 55 - 70          | 70 - 80 | 80 - 90 | 90 - 100 | 100 - 125 |
| Harmadlagos szerkezet elvesztése               |                  |         |         |          |           |
| Másodlagos szerkezet elvesztése                |                  |         |         |          |           |
| Meglévő diszulfid hidak felbomlása             |                  |         |         |          |           |
| Új intermolekuláris kölcsönhatások kialakulása |                  |         |         |          |           |
| Aggregátumok képződése, Maillard-reakció       |                  |         |         |          |           |

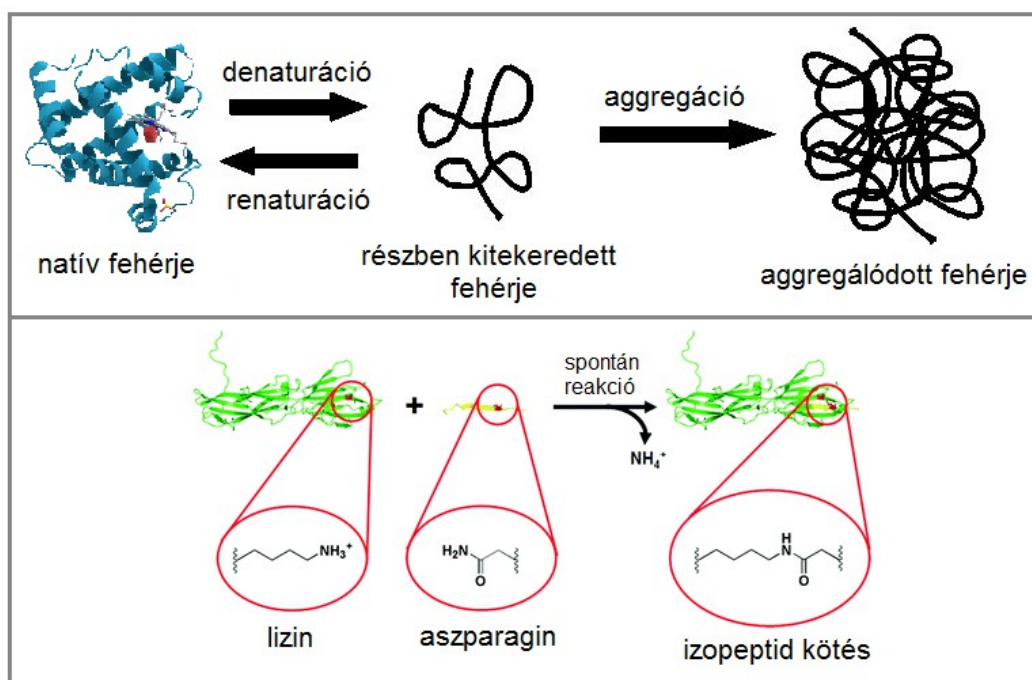
3. ábra: A fehérjeszerkezet módosulása különböző hőmérséklet tartományokban (Davis & Williams, 1998)

kezelés hathat a legnagyobb mértékben és a legösszetettebb módon a fehérjék szerkezetére. Ennek változása függ a kezelés hőmérsékletétől és időtartamától (**3. ábra**). A hőhatásra bekövetkező változások a polipeptid lánc hőmozgásának növekedésével kezdődnek, átalakítva a finom egyensúlyban lévő intramolekuláris kölcsönhatásokat és jelentősen újrarendezve a fehérje struktúrát minden szinten. A hőmérséklet növelésével a fehérjék először harmadlagos szerkezetüket veszítik el, majd kb. 50-70 °C-on következik be a másodlagos szerkezet módosulása. A hidrofób csoportok, melyek idáig befelé irányultak, most kifordulhatnak, ezzel csökken a hidrárburok kialakulásának lehetősége. A kitekeredés mértéke kb 80 °C-s határig növekszik, ahol majdnem mindegyik eredeti másodlagos és harmadlagos szerkezet megszűnik, átalakul, a meglévő diszulfid hidak felbomlanak, ezzel előidézve egy teljesen kitekeredett, random coil konformáció kialakulását. 80-90 °C fölött új intermolekuláris kölcsönhatások és új diszulfid hidak jönnek létre. A hőmérsékletet tovább emelve azonban nemcsak a fehérjén belüli kölcsönhatások rendeződnek újra, hanem a fehérjék közöttiek is. Ez jelentheti a kialakult reaktív aminosav oldalláncok kapcsolatát vagy a hidrofób kölcsönhatások kialakulását az egyes fehérjék között. Ezek a kölcsönhatások végeredményben a fehérjék aggregációját idézik elő (**4. ábra**). 100 °C felett izopeptid kötések jöhetnek létre a lizin és az aszparagin vagy glutamin aminosavak között (**4. ábra**) (Jansen et al., 2011). Ezen a hőmérsékleten játszódik le a Maillard-reakció is, mely során a szabad aminosavak képeznek kapcsolatot a cukor

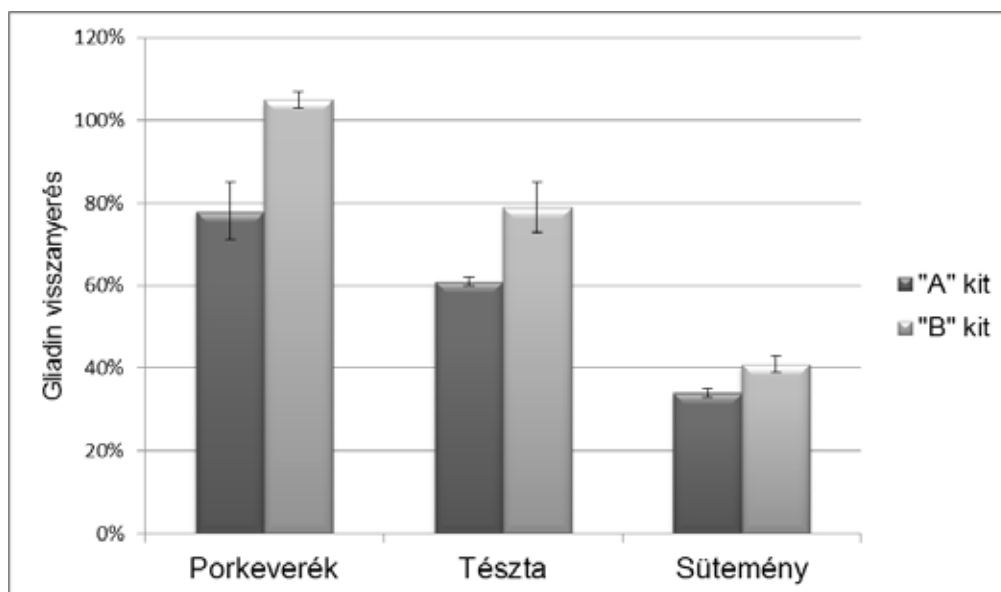
komponensek aldehid vagy keto csoportjaival. A fehérjék azonban nem csak egymással és a szénhidrát komponensekkel, hanem az élelmiszerben lévő többi összetevővel, pl. lipidekkel is kölcsönhatásba kerülhetnek (Davis & Williams, 1998; Wall, 2003; Thomas et al., 2007).

A hőkezelés elméletben hatással lehet a fehérje túlérzékenységi reakciót kiváltó képességére azáltal, hogy a szerkezeti változások módosíthatják a konformációs epitópokat. Ugyanakkor a feldolgozás indukálta fehérjeváltozások kevésbé érintik a lineáris epitópokat és nyugtalanító, hogy az allergén epitópok főként lineárisak, így nagy valószínűséggel „túlélhetik” a legtöbb fent leírt átalakulási folyamatot. Mindemellett pedig előfordulhat, hogy a technológiai műveletek során létrejövő konformáció változások új epitópokat eredményeznek, melyek a natív fehérjében nem voltak jelen (**2. ábra**) (Davis & Williams, 1998, Khuda et al., 2015). Az élelmiszer feldolgozási lépések pedig olyan formán hatnak a túlérzékenységi reakciót kiváltó fehérjék mennyiségi meghatározására, hogy megváltoztathatják a fehérjék oldhatóságát, csökkentve ezzel az extrahálhatóságukat illetve a szerkezeti változások hatással lehetnek a módszer által alkalmazott immunreakció lejátszódására is (Khuda et al., 2015).

Hőkezelés hatására tehát előfordulhat, hogy a fehérjék allergenitása illetve túlérzékenységi reakciót kiváltó képességük nem csökken számottevő mértékben. Ugyanakkor a fenti folyamatok jelentősen befolyásolhatják az analitikai módszerek teljesítőképességét, ami komoly élelmiszerbiztonsági kockázatot jelent. A problémát több tényező együttesen



4. ábra: Fehérjék denaturációja, aggregációja és az izopeptid kötés kialakulása (Noritomi, 2013; Zakeri & Howarth, 2010)



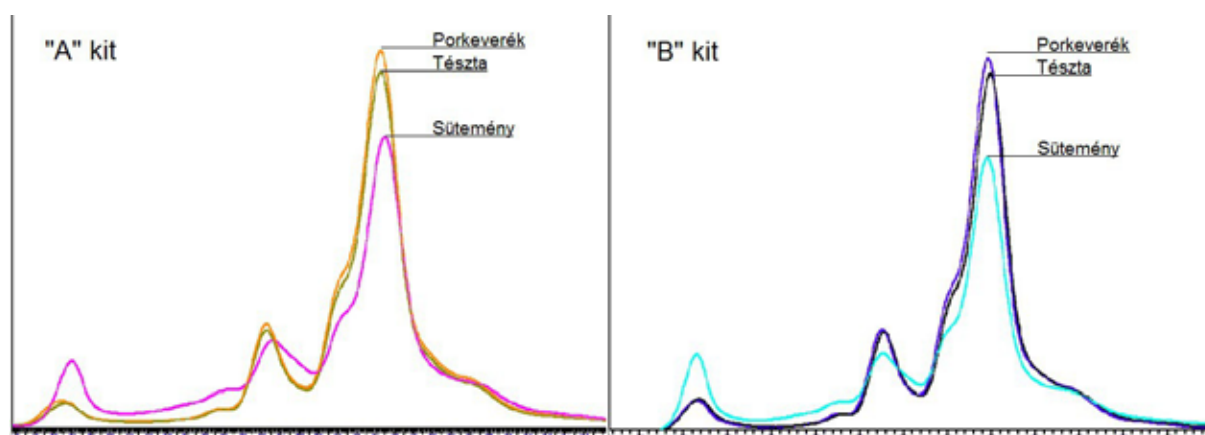
5. ábra: A két különböző ELISA teszt mérési eredményei

okozza, melyek egyértelmű azonosítása és megoldása szükséges. A BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoporton belül működő Allergén munkacsoportban is foglalkozunk a túlérzékenységi reakciót kiváltó komponensek vizsgálatával, az ELISA módszertan fejlesztésével és a felmerülő problémák kezelésével (Török et al., 2015). A feldolgozás hatásának vizsgálatára egy olyan gluténmentes liszt alapú modellrendszert fejlesztettünk ki (Bugyi et al., 2012), mely meghatározott mennyiségben, homogén eloszlásban tartalmaz gliadint, így alkalmas a mérési eredményeket befolyásoló tényezők vizsgálatára. Az egyik ilyen tényező a feldolgozás hatásának vizsgálata. A jelenleg is folyó kutatás során többek között arra keressük a választ, hogy a hőkezelés hatására bekövetkező fehérjeszerkezeti változás miként hat a mérési eredményekre. Egyrészt hatással lehet a fehérjék oldhatóságára, ami a mintaelőkészítés során alkalmazott extrakció hatékonyságát ronthatja. Másrészt a fehérjeszerkezet változás és a más molekulákkal történő komplexképződés befolyásolhatja az immunaktivitást, az antigén-antitest reakciók sebességét, gátolhatja a célmolekulák hozzáférhetőségét, illetve az epitópok is sérülhetnek. Az okok feltárásához keményítő alapú modellterméket állítottunk elő, melyek 50 ppm gliadint (a 100 ppm glutén határérték modellezéséhez) tartalmaztak. A feldolgozás hatásának vizsgálatához a modelltermék három előállítási fázisát vizsgáltuk: a száraz alapanyagokból álló porkeveréket, az ebből készült nyers tésztát és a sült végterméket. Az elkészített minták gliadin tartalmát két olyan, kereskedelmi forgalomban kapható ELISA kittel mértük meg, melyek különböző célfehérjékre specifikus antitesteket tartalmaznak. Az egyik teszt (AgraQuant® Gluten G12 Assay - COKAL0200,

Romer Labs) az ún. G12 antitestet tartalmazza, mely az  $\alpha$ -gliadin fő immunogén epitópja ellen került kifejlesztésre. A másik teszt (RIDASCREEN® Gliadin - R7001, R-Biopharm AG és Cocktail Solution - R7006, R-Biopharm AG) az R5 antitest alkalmazza, ami egy 5 aminosavból álló epitópot ismer fel, ami konzerváltan van jelen a gliadinokban, szekalinokban és hordeineekben. A két teszt hasonló mintaelőkészítési lépéseket alkalmaz, azonban az extrakciós oldataikban lévő komponensek aránya eltérő lehet. A kapott mérési eredményeket az 5. ábra mutatja. (Megjegyzés: A vizsgálatok célja a fent leírt jelenségek tanulmányozása. Ezért az ábrákon az alkalmazott tesztekhez kapcsolódó eredményeket nem azonosítottuk).

A mérhető fehérje koncentráció szignifikánsan csökken a feldolgozás hatására (hidratáció, hőkezelés) a keményítő alapú modellmátrixokban. Emellett az is tapasztalható, hogy a feldolgozás hatására bekövetkező analitikai eredmény változásának mértéke a különböző kitek esetében eltérő. A jelenség tehát jól azonosítható és az analitikai hiba nagyságrendje is becsülhető. Ahhoz azonban, hogy közelebb jussunk a jelenség okainak megértéséhez, további vizsgálatokra van szükség. Egy ilyen lehetőség a méretkizáró nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (SE-HPLC) alkalmazása, mellyel a két ELISA kitnél alkalmazott extrakciós eljárások hatékonyságát tudjuk tanulmányozni a kioldott fehérjék profiljának összehasonlításával és a fehérjefrakciók mennyiségi arányainak vizsgálatával (6. ábra).

A kromatogramok (6. ábra) alapján egyrészt megállapítható, hogy mindkét kit extrakciós eljárásával kapott oldatok hasonló minőségű és mennyiségű fehérjefrakciókat tartalmaznak, tehát a két extrakciós protokoll hatékonysága hasonló. Ugyancsak kijelenthető, hogy a kioldott fehérjék összmenyisége



6. ábra: Különböző feldolgozottsági fokú sikértartalmú modell élelmiszer-mátrixból extrahált fehérjék méretkizárásos kromatográfiával kapott profiljai

sem tér el jelentősen egymástól a három különböző feldolgozottsági szintű minta esetében. A lényeges eltérés a hőkezelt minták fehérjeprofiljában azonosítható a nagyobb méretű fehérjepolimer frakciók megjelenésével. Bár ezek az adatok jelenleg csak előzetes eredménynek tekinthetők, az eddig rendelkezésre álló információink alapján valószínűsíthető, hogy a kitek alkalmazása során a hőkezelt termékekben mért alacsonyabb értékek a polimerképződéssel, áttételelesen pedig az immunreakciók gátoltságával hozhatók összefüggésbe. Eredményeink megerősítésére természetesen szélesebb körű vizsgálatokat tervezünk egyéb analitikai módszertan és modellszármazékok bevonásával.

A feldolgozás hatására bekövetkező fizikai-kémiai változások azonosítása az analitikai módszerek fejlesztését, teljesítményjellemzőik javítását segíti. Mindez pedig végső soron a kapcsolódó élelmiszerbiztonsági problémák hatékonyabb kezelését eredményezheti.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát részben az „*Improving gluten-free dough by a novel hemicellulose network*” (OTKA ANN 114554) projekt támogatja. A munka célkitűzései kapcsolódnak a MONIQA Association ([www.moniqa.org](http://www.moniqa.org)) és a „*Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a műegyetemen*” c. projekt (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002) program szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

### Irodalomjegyzék

A teljes irodalomjegyzék a szerzőknél, illetve a NAIK ÉKI ([www.eki.naik.hu](http://www.eki.naik.hu)) és a MÉTE ([www.mete.hu](http://www.mete.hu)) honlapján megtalálható.

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), 382-387.

Davis, P.J. & Williams, S.C. (1998): Protein modification by thermal processing. *Allergy*, 53 (46), 102-105.

Gomaa, A. & Boye, J.I. (2013): Impact of thermal processing time and cookie size on the detection of casein, egg, gluten and soy allergens in food. *Food Research International*, 52 (2), 483-489.

Khuda, S.E., Jackson, L.S., Fu, T. & Williams, K.E. (2015): Effects of processing on the recovery of food allergens from a model dark chocolate matrix. *Food Chemistry*, 580-587.

Rallabhandi, P. (2012): Gluten and Celiac Disease – An Immunological Perspective. *Journal of AOAC International*, 95 (2), 349-355.

Salentijn, E.M.J., Mitea, D.C., Goryunova, S.V., Van Der Meer, I.M., Padiou, I., Gilissen, L., König, F. & Smulders, M. (2012): Celiac disease T-cell epitopes from gamma gliadins: immunoreactivity depends on the genome of origin, transcript frequency, and flanking protein variation. *BMC Genomics*, 13, 277.

Sharma, G.M. (2012): Immunoreactivity and Detection of Wheat Proteins by Commercial ELISA Kits. *Journal of AOAC International*, 95 (2), 364-371.

Thomas, K., Herouet-Guicheney, C., Ladics, G., Bannon, G., Cockburn, A., Crevel, R., Fitzpatrick, J., Mills, C., Privalle, L. & Vieths, S. (2007): Evaluating the effect of food processing on the potential human allergenicity of novel proteins: International workshop report. *Food and Chemical Toxicology*, 45, 1116-1122.

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 an incurred gliadin

reference material candidate. *Acta Alimentaria*, 44 (3), 390-399.

Verhoeckx, K.C.M., Vissers, Y.M., Baumert, J.L., Fahludi, R., Feys, M., Flanagan, S., Herouet-Guicheney, C., Holzhauser, T., Shimojo, R., van der Bolt, N., Wichers, H. & Kimber, I. (2015): Food processing and allergenicity. *Food and Chemical Toxicology*, 80, 223-240.

***Processing-induced modifications of wheat proteins and their impact on gluten determination by ELISA method***

E. Schall – K. Török – L. Hajas – Zs. Bugyi – S. Tömösközi

*Food processing procedures have multiple purposes, including the improvement of palatability, consumer acceptance and even food safety aspects. Food processing can alter the nutritive, physicochemical and functional properties of food components. Structural changes of allergenic proteins may affect their allergenic nature and also their detectability. This paper*

*is a brief review of protein modifications by food processing and their possible consequences. The effects of food processing were studied by different ELISA tests and size-exclusion chromatography (SE-HPLC). On the bases of our preliminary results, the likely reason of the changes in immune analytical results is the lower immunoreactivity caused by macro-polymer formation during heat treatment.*

A szerzők neve, beosztása és címe:

Schall Eszter MSc hallgató

Dr. Török Kitti tudományos segédmunkatárs

Hajas Livia tanszéki mérnök

Dr. Bugyi Zsuzsanna egyetemi tanársegéd

Dr. Tömösközi Sándor egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Vegyésszmérnöki és Biomérnöki Kar

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi

Tanszék

1111 Budapest, Szent Gellért tér 4. Ch épület 1. emelet 107.

E-mail: tomoskozi@mail.bme.hu

**Olvassa, ajánlja és tudományos  
eredményeinek, szakmai  
anyagainak közzétételével járuljon  
hozzá az  
ÉLELMISZER TUDOMÁNY  
TECHNOLÓGIA  
szakfolyóirat megjelenéséhez!**