

# A Mixolab technika alkalmazási lehetőségei

*Hódsági Mária, Gelencsér Tímea és Salgó András*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Biokémiai és  
Élelmiszertechológiai Tanszék

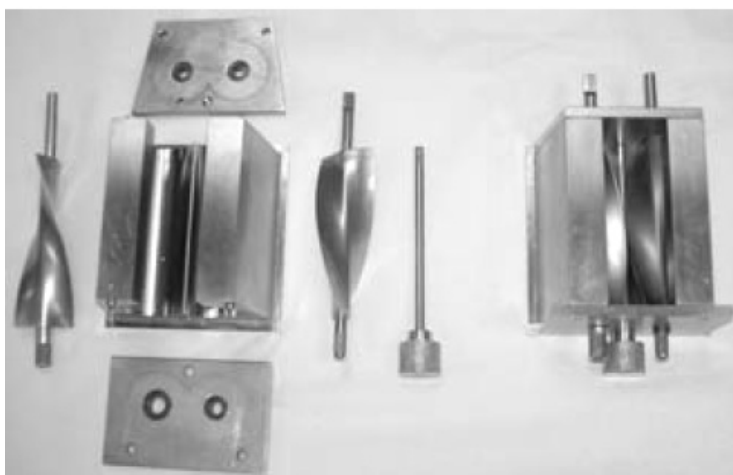
Érkezett: 2010. július 19.

A Mixolab® technika egy újonnan, a 2000-es évek elején kifejlesztett, leginkább lisztek, tészták minőségi elemzésére alkalmas reológiai módszer (Chopin, 2006). A klasszikus reológiai módszerekkel (amilográf, farinográf, valorigráf, gyors viszkoanalizátor (RVA: rapid visco analyzer)) összevetve annyiban nyújt többet, hogy egyszeri tesztben ad információt a vízkötő kapacitásról, a dagasztási stabilitásról, valamint a gélesedési hőmérsékletről, az amiláz aktivitásról és a keményítő retrogradációról. A keverés (dagasztás) és a fűtés (hőkezelés) hatására létrejövő változásokat egyidejűleg detektálja, mind a fehérjék, mind a keményítő tulajdonságait, valamint a köztük létrejövő kölcsönhatásokat tekintve (Rosell, 2009). A keverés a mechanikai munkát, a hőközlés az anyag hőterhelését modellezi, így kiválóan alkalmas a végső termék minőségének becslésére.

A Mixolab technika további előnye, hogy egyszerűen kivitelezhető, jól reprodukálható módszer. A módszer lényege, hogy a dagasztócsészébe bemért mintát és a hozzá adagolt vizet két, ellentétes irányban forgó, speciális alakú kar (1. ábra) keverteti és az így keletkező tésztában fellépő forgatónyomatékokat valós időben regisztrálja a készülék (Chopin, 2006; Rosell, 2007). A teljes mintatér termosztálva van a mérés kezdete előtt is (2. ábra).

A Mixolab készüléknek a lisztek vizsgálata mellett sokféle egyéb alkalmazása is lehetséges, mérhető a különböző összetevők (keményítő, glutén) vagy adalékok hatása, valamint az élelmiszeripar más területén is használható (Frazer, 2009; Simsek, 2009; Chopin, 2006). A minta jellegétől, illetve a mérés céljától függően különböző idő-hőmérséklet profilok is alkalmazhatók. Az alkalmazás profiljai közül azonban kiemelendő a három leggyakrabban alkalmazott módszer: a Mixolab szimulátor és a Mixolab profil protokollok, valamint a Mixolab nemzetközileg elfogadott standardizált módszere (ICC Standard Method No. 173). A Mixolab szimulátor segítségével, mely egy farinográfós méréshez hasonló módszeren és egy számításon alapul, a farinográf nevezetes paraméterei (vízabszorpció,

tészta kialakítási idő, tészta stabilitás, ellágyulás) meghatározhatóak. A farinográffal és a Mixolab szimulátorral meghatározott paraméterek közötti korrelációs koefficiens értékei az egyes paraméterekre a következők: vízabszorpció  $R^2=0,95$ ; tészta kialakulási idő  $R^2=0,93$ ; tészta stabilitás  $R^2=0,53$ ; ellágyulás  $R^2=0,77$  (Chopin, 2006). A mérés pontossága a Mixolab szimulátorral végzett esetekben nem különbözik szignifikánsan a farinográffal végzett mérések pontosságától. A Mixolab profil protokoll alapján a mintákra jellemző minőségi paramétereket (vízabszorpciós index, keverési index, glutén index, viszkozitás index, amiláz aktivitás index, retrogradációs index) határoznak meg, és az ezek alapján készített profilokat vetik össze egymással.



**1. ábra: A Mixolab készülék keverő karjai és dagasztó csészéje (Chopin, 2006)**



**2. ábra: A Mixolab készülék és a mintabetöltés, illetve vízadagolás kivitelezése (Chopin, 2006)**

A Mixolab standard módszert (ICC No. 173, vagy más néven Chopin+) gabonalisztek vizsgálata során alkalmazzák a legszélesebb körben. A módszer során 14% nedvesség-tartalomra korrigált mennyiségű mintához annyi vizet kell adni, hogy a keverés hatására a tésztában fellépő forgatónyomaték elérje az  $1,1 \pm 0,07$  Nm-es értéket. A módszer protokollja az 1. táblázatban látható.

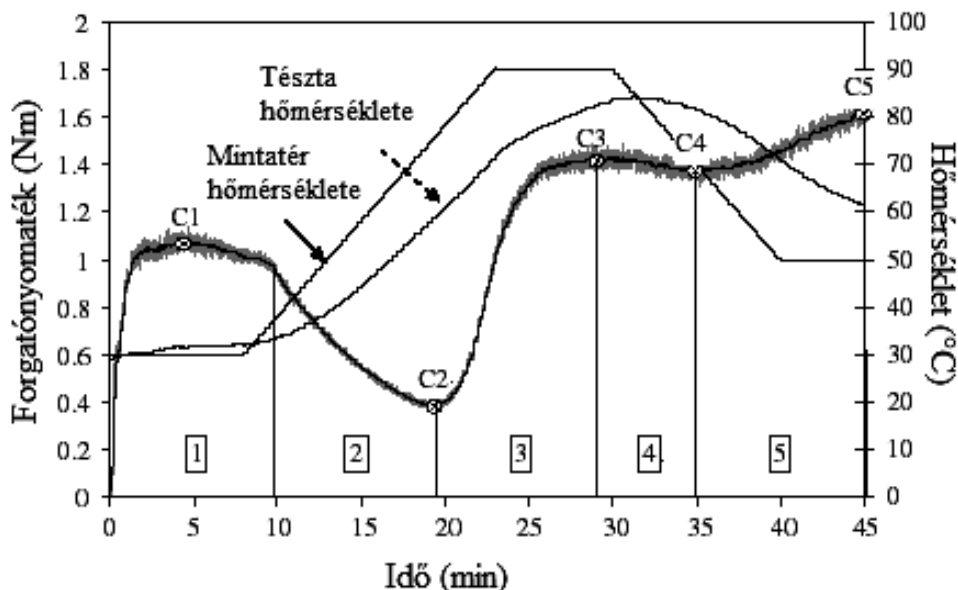
**1. táblázat: A Chopin+ protokoll (Rosell, 2007)**

Keverési sebesség	80 rpm
Tészta súlya	75,0 g
Dagasztó csésze hőmérséklete	30,0 °C
Hőmérséklet az első állandó hőmérsékletű szakaszban	30,0 °C
Az első állandó hőmérsékletű szakasz ideje	8,0 min
Hőmérséklet a második állandó hőmérsékletű szakaszban	90,0 °C
Hőmérséklet gradiens (15,0 min)	4,0 °C/min
A második állandó hőmérsékletű szakasz ideje	7,0 min
Hőmérséklet gradiens (10,0 min)	4,0 °C/min
Hőmérséklet a harmadik állandó hőmérsékletű szakaszban	50,0 °C
A harmadik állandó hőmérsékletű szakasz ideje	5,0 min
Teljes analízis ideje	45,0 min

A Chopin+ protokoll két fő részből áll, a mérés első felében egy bizonyos ideig, állandó keverési sebességgel, 30 °C-on kevertetik a tésztát, amely hasonló információkat ad, mint a farinográfus mérés (Collar, 2009). A mérés második részében, egy rövid keverési lépést követően a tészta egy fűtési-hűtési szakaszba kerül, s ez a gyors viszkoanalizátoros (Collar, 2009) vagy amilográfus mérések eredményeihez ad hasonló információkat (3. ábra).

A leginkább jellegzetes paraméterek (Rosell, 2007; Huang, 2010) a következők: 1) A vízfelvétel (%), ami azt mutatja, hogy mennyi vizet kell adagolni ahhoz, hogy olyan tészta keletkezzen, amiben a dagasztás hatására létrejövő forgatónyomaték értéke eléri az  $1,1 \pm 0,07$  Nm-t. 2) A tésztaképződési idő (min), vagyis az az idő, amíg a tésztában fellépő forgatónyomaték eléri a maximális értéket 30 °C-on. 3) Stabilitás (min), vagyis annak az ideje, amíg a tésztában fellépő forgatónyomaték értéke 1,1 Nm-en marad. 4) A mechanikai gyengülés (Nm), vagyis a 30 °C-on

mért maximális forgatónyomaték értékének (Nm, C1) és a 30 °C-os tartási szakasz végén jellemző forgatónyomaték értéknek a különbsége.



**3. ábra: Tipikus Chopin+ protokollal kapott görbe a jellegzetes szakaszokkal és paraméterekkel (Ozturk, 2008)**

(1) tésztaképződés, (2) fehérje degradálódás a fűtés során, (3) keményítő gélesedés, (4) amiláz aktivitás, (5) keményítő retrogradáció a hűtés során.

C1 a tészta maximális forgatónyomatékára, C2 a fehérjehálózat gyengülésére, C3 a keményítő gélesedésére, C4 a keményítő lebontottságára és C5 a keményítő retrogradációjára vonatkozik.

5) A minimális forgatónyomaték (Nm, C2), vagyis a mechanikai- és hőhatásnak kitett tészta keverése során fellépő forgatónyomaték. 6) Hődegradáció (Nm), vagyis a 30 °C-os tartási szakasz végén jellemző forgatónyomaték értéknek és a minimális forgatónyomaték értéknek a különbsége. 7) Csúcs forgatónyomaték (Nm, C3), vagyis a fűtési szakasz végén mért maximális forgatónyomaték érték. 8) Főzési stabilitás (Nm, C4-C3), amely a 90 °C-os tartási szakasz végén mért forgatónyomaték értékének (Nm, C4) és a csúcs forgatónyomaték értékének különbségéből számolandó. 9) Dermedés (Nm, C5-C4), amely az 50 °C-ra való lehűtést követően mért forgatónyomaték érték (Nm, C5) és a 90 °C-os tartási szakasz végén mért forgatónyomaték érték különbségéből határozható meg. 10) Továbbá, a görbék csökkenő és növekvő szakaszainak meredekségei is meghatározóak,  $\alpha$  a 30 °C-os tartási szakasz vége és a C2 közötti szakasz meredeksége, azaz a hő hatására

bekövetkező fehérjehálózat gyengülésének jellemzője;  $\beta$  a C2 és C3 paraméterek közötti szakasz meredeksége, vagyis a keményítő gélesedés sebessége,  $\gamma$  pedig a C3 és C4 paraméterek közötti szakasz meredeksége, mely a keményítő enzimes lebontottságának mértékére utal.

## **A Mixolab mérés eredményét befolyásoló tényezők**

A Mixolab görbék alakját és jellegzetes paramétereit befolyásolhatja a hozzáadott víz hőmérséklete, a keverési sebesség és a hőmérséklet gradiensek értéke, azaz az alkalmazott hőmérséklet profil. A hozzáadott víz hőmérséklete kisebb változásokat okoz, inkább csak magasabb hőmérsékleteknél befolyásol (Chopin, 2006). A keverési sebesség megválasztása nagy jelentőséggel bír, megváltoztatása minden paraméterre hatással van. A keverési sebesség növelésével a fehérje degradáció gyorsabban és erőteljesebben zajlik, a gélesedés is hamarabb bekövetkezik. A hőmérséklet gradiensek változtatása szintén szignifikáns különbségeket okoz a paraméterekben, a kisebb felfűtési sebesség lassabban megmutatkozó fehérjedegradációt és keményítő gélesedést mutat. A hőmérsékletnek azért is van nagy szerepe, mert a reológiai tulajdonságok szignifikánsan függenek a hőmérséklettől (Chopin, 2006). A mérendő minta típusa, tulajdonságai, a mérés célja ezek függvényében, a korábban említettek alapján is, rendkívül sokféle lehet. Ezért a továbbiakban csak néhány saját alkalmazási példát szeretnénk bemutatni.

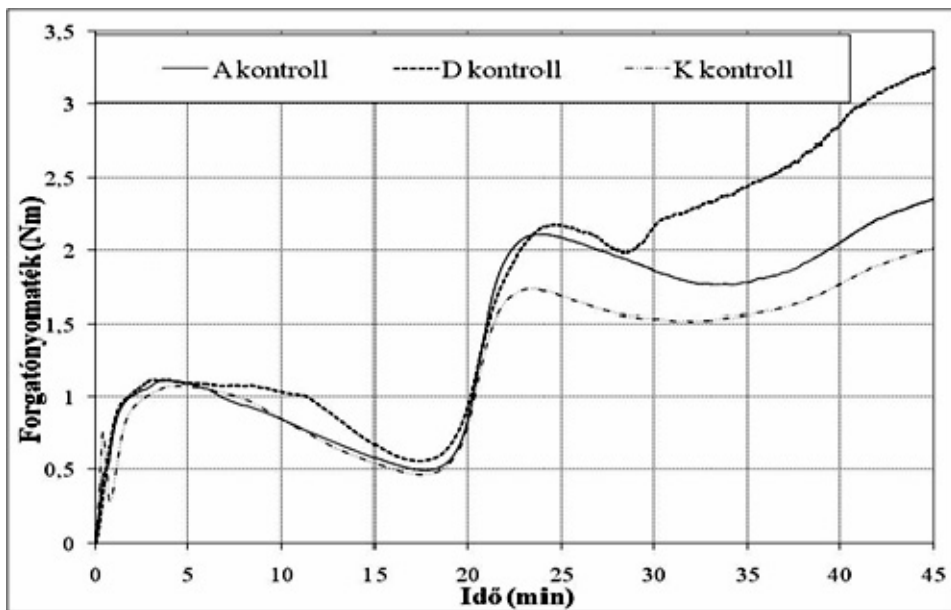
## **A Mixolab technika néhány alkalmazási lehetősége**

A méréseket a Mixolab készülékkel (Chopin, Tripette et Renaud, Paris, France; Mixolab software 2.34), a Chopin+ protokoll (1. táblázat, 3. ábra) alapján végeztük, két párhuzamos futtatásával.

### **1) Különböző típusú búzalisztek összehasonlítása (BL-55, TD-50, TL-80)**

Hagyományos kenyérliszt (BL-55, hamutartalom: 0,55%, nedvességtartalom: 9,9%, Gyermely Malmok, Gyermely, Magyarország), Triticum durum liszt (TD-50, hamutartalom: 0,50%, nedvességtartalom: 14,2%, Cerbona, Székesfehérvár, Magyarország) és Triticum aestivum liszt (TL-80, hamutartalom: 0,80%, nedvességtartalom: 14,6%, Cerbona Malmok, Székesfehérvár, Magyarország) Mixolabos profilját rögzítettük.

A különböző típusú lisztek nagyon különböző karakterisztikát mutatnak (4. ábra) az egyes szakaszokban, ahogy ezt már a korábbi farinográfus vizsgálataink, valamint gyors viszkoanalizátoros (Juhász, 2006) eredmények alapján prediktálni lehetett. A különbségek okai a búzalisztek különböző fizikai (pl. szemcseméret, hamutartalom), fizikokémiai és összetételi tulajdonságokban keresendők (Simsek, 2009). Az első szakaszban, ahol a tésztaképződés detektálható, a *T. aestivum* és a kenyérliszt hasonló viselkedést mutatott, míg a *T. durum*-ból készített tészta sokkal stabilabb volt, azaz erősebb fehérjehálózat alakult ki. Az is érdekes, hogy a keményítő retrogradáció értékei szignifikánsan magasabbak voltak a tésztaisztekre, mint a kenyérlisztre. A Mixolab módszer megfelelően alkalmazható különböző búzalisztek összehasonlításában.



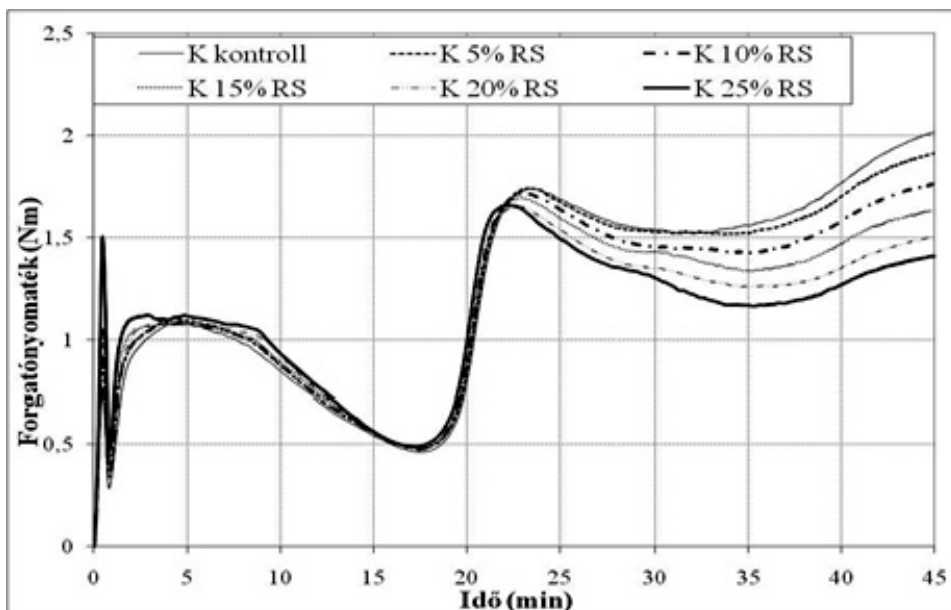
4. ábra: A *T. aestivum* (A), *T. durum* (D) és kenyérlisztek (K) Mixolab görbéi

## 2) Kenyérliszt és rezisztens keményítő keverékei (BL-55, Hi-maize260)

Kenyérliszthez (BL-55) 5, 10, 15, 20 és 25%-ban adagoltunk 2-es típusú, magas amilóz-tartalmú rezisztens keményítőt (továbbiakban: RS) (Hi-maize260, National Starch and Chemical GmbH, Hamburg, Németország; 60% diétás rost tartalom az AOAC 991.43-as módszer

alapján), illetve búza glutént (G5004; Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA) megfelelő százalékban a kieső fehérjerész pótlása miatt.

A következő kérdésekre kerestük a választ a Mixolab készülék segítségével, a visszapótlott glutén hogyan befolyásolja a tészta konzisztenciáját, stabilitását, a fehérje degradálhatóságát, illetve a rezisztens keményítő adagolása a csirizedési-gélesedési-retrogradációs viselkedését és a jósolható termék minőségét.



**5. ábra: Kenyérliszt (K) és különböző RS tartalmú (5, 10, 15, 20, 25%) minták Mixolab görbéi**

Collar (2007) igazolta, hogy a C2, stabilitás és az alfa értékek korrelálnak a lisztminták fehérjeminőségével, míg a C3, C4 és C5 értékek a keményítő tulajdonságokkal korrelálnak, ezért ezeket a paramétereket mutatjuk be részletesebben.

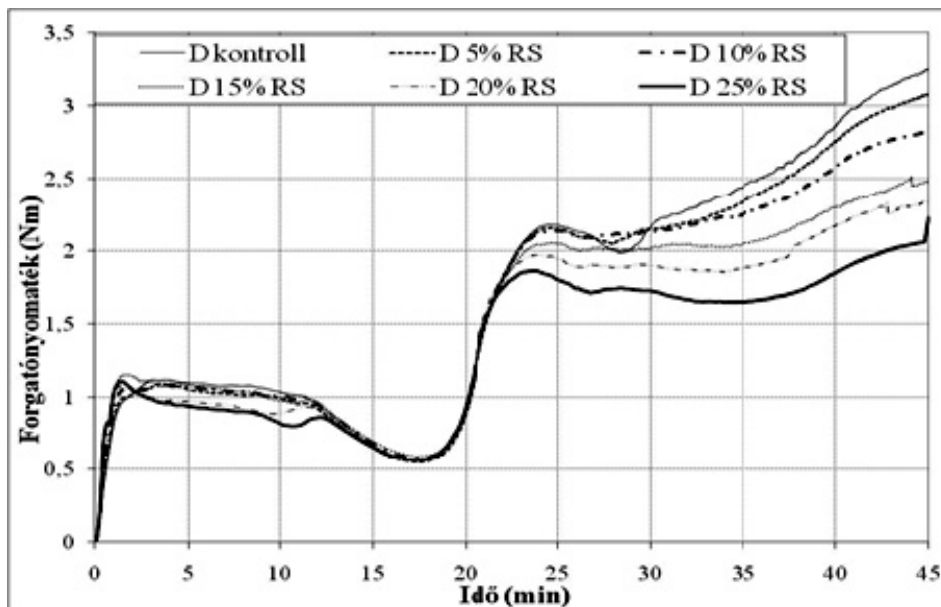
Az eredmények azt mutatják, hogy a keverékek stabilitás értékei szignifikánsan növekedtek a kontrollhoz képest, a növekedés lineáris volt. A C2 és az alfa értékek nem változtak jelentősen az RS és a glutén adagolás függvényében. Ezen eredmények alapján elmondható, hogy a rezisztens keményítő adagolása a megfelelő mennyiségű glutén visszapótlása mellett nem rontotta a tészta tulajdonságokat (stabilitás, fehérje degradáció).

A C3, C4 és C5 értékek nagyobb különbségeket mutattak a minták között. A nagyobb RS tartalmú minták szignifikánsan különböztek a kontrolltól és az alacsonyabb RS tartalmú mintáktól a C3 és C4 paraméterek esetén, míg a C5 paramétert vizsgálva minden minta szignifikánsan különbözött egymástól. A növekvő RS tartalmú minták esetén egyre lejjebb futnak a görbék, a C3, C4 és C5 értékek lineárisan csökkentek. Ezek az eredmények összhangban vannak Gelencsér (2008) RVA vizsgálataival, ahol az RS adagolás hatására csökkentek a gélesedésre jellemző paraméterek.

Összefoglalva, a Mixolab alkalmas az RS adagolás nyomonkövetésére kenyérliszt alapú mintákban. Továbbá, a Mixolab mérések alapján az is megállapítható, hogy a visszapótolt glutén nem okozott szignifikáns különbségeket a fehérjehálózat tulajdonságaiban.

### 3) Triticum durum liszt és rezisztens keményítő keverékei

T. durum liszthez (TD-50) 5, 10, 15, 20 és 25%-ban adagoltunk 2-es típusú, magas amilóz-tartalmú rezisztens keményítőt (Hi-maize260). Azt vizsgáltuk, hogy az RS adagolás a Mixolab görbe különböző szakaszait hogyan befolyásolja, ezért a görbéket és a jellegzetes paramétereket elemeztük.



6. ábra: T. durum (D) liszt és különböző RS tartalmú (5, 10, 15, 20, 25%) minták Mixolab görbéi



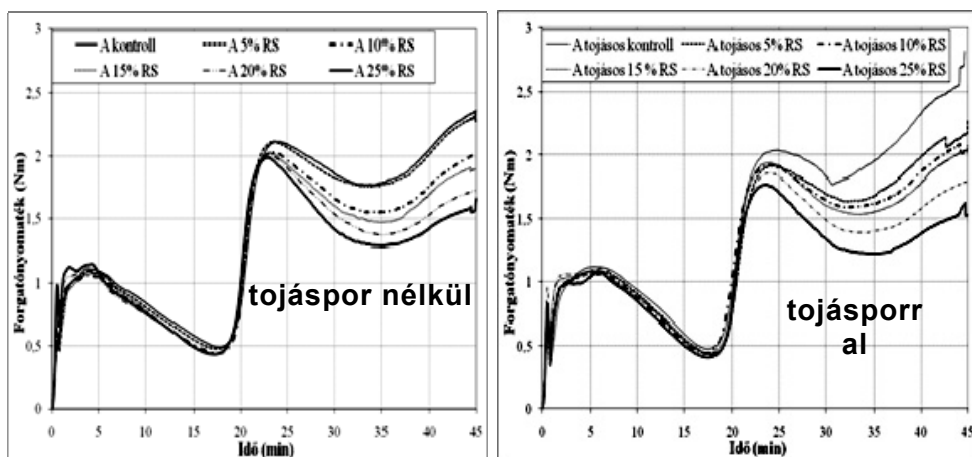
A rezisztens keményítő adagolása valamennyi szakaszban szignifikáns változásokat okozott a görbék alakjában. A fehérjehálózat kialakulás és a stabilitás értékei alacsonyabbak voltak a magasabb RS tartalmú keverékekben (20, 25% RS tartalmú minták) feltehetőleg a glutén növekvő hiánya miatt. Habár, érdekes, hogy lisztet 15%-ig RS-sel helyettesítve a stabilitás értékei nem csökkentek. A fehérjehálózat gyengülés értékei nem változtak tendencia-szerűen.

A keményítő csirizedés-gélesedés-retrogradáció értékei a kenyérliszt alapú minták esetében megfigyeltekhez hasonlóan változott. A rezisztens keményítő adagolása csökkentette a jósolható termékminőséget. 10% RS tartalombeli különbség a C3 és C5 értékeket vizsgálva szignifikánsan nyomon követhető, ezek az értékek lineárisan csökkentek az RS adagolás függvényében.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Mixolab rendszer alkalmas az RS adagolás detektálására és predikciójára is.

#### 4) *Triticum aestivum* liszt és rezisztens keményítő keverékei tojásporral és anélkül

A Mixolab rendszerben az előző pontokhoz hasonlóan (2.-3.) az RS adagolás (5, 10, 15, 20, 25% Hi-maize260) hatásait követtük nyomon, valamint teljes tojáspor (Cerbona, Székesfehérvár, Magyarország, 2,1%) jelenlétének hatását vizsgáltuk *T. aestivum* liszt alapú mintákban.



7. ábra: *T. aestivum* (A) liszt és különböző RS tartalmú (5, 10, 15, 20, 25%) minták Mixolab görbéi tojáspor nélkül és tojásporral

A tézsa stabilitás értékei nem mutattak szignifikáns tendenciát sem a tojás nélküli minták esetén, sem a tojás tartalmú mintáknál, de az elmondható, hogy a 25% RS tartalmú minta rendelkezett a legalacsonyabb stabilitás értékkel mindkét esetben. A fehérje gyengülés (C2, alfa) értékei nem változtak szignifikánsan az RS adagolás és tojáspor jelenlétnek függvényében. Az RS hozzáadása lineáris csökkenést okozott a három utolsó szakaszban (C4 és C5 értékeiben).

A tojáspor hozzáadás hatása a stabilitás és a C3 értékek vizsgálatával követhető nyomon. Az előbbi paraméter a fehérjehálózat erősségére, az utóbbi a keményítő gélesedésére jellemző. A stabilitás jelentősen növekedett (kivéve a 25% RS tartalmú minták esetén), míg a C3 értékek szignifikánsan csökkentek (kivéve a 20% RS tartalmú minták esetén) a tojáspor jelenlétében a tojáspor nélküliekhez képest.

Összefoglalva, nem csak az RS hozzáadás, hanem a tojáspor jelenléte is detektálható a Mixolab segítségével *T. aestivum* liszt esetén.

## **A Mixolab mérés pontossága**

A Mixolab kézikönyv alapján (Chopin, 2006) elmondható, hogy a mérés ismételhetősége (1-3%) és reprodukálhatósága (2-7%) nagyon jó a C2 – C5 közötti paraméterekre, a vízfelvételekre és a C1-C5 paraméterek esetén mért hőmérséklet értékekre búzaliszt minták esetén.

## **Köszönetnyilvánítás**

Jelen tanulmány elkészítését a DioGenes nevű project támogatta, amely név feloldása 'Diet, Obesity and Genes' tehát 'Táplálkozás, Elhízás és Gének'. A project az EU6 keretprogramhoz tartozik, száma: FOOD-CT-2005-513946. A project részletesen a <http://www.diogenes-eu.org> honlapon található. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

## **Irodalom**

Chopin Applications Laboratory (2006): Mixolab applications handbook (Rheological and enzymatic analysis). Chopin Technologies, Villeneuve la Garenne, France.

- Collar, C., Rosell, C. M. (2009): Relationship between Mixolab and other devices (Chapter 15). *Mixolab Handbook* edited by Dubat, A., Rosell, C. M., Tulbeck, M. AACC, St Paul, MN.
- Collar, C., Bollain, C., Rosell, C. M. (2007): Rheological behaviour of formulated bread doughs during mixing and heating. *Food Science and Technology International* 13 (2), 99-107.
- Frazer, S. R. (2009): A Mixolab® analysis of vital wheat gluten (Chapter 7). *Mixolab Handbook* edited by Dubat, A., Rosell, C. M., Tulbeck, M. AACC, St Paul, MN.
- Gelencsér T., Juhász R., Hódsági M., Gergely S., Salgó A. (2008): Comparative study of native and resistant starches. *Acta Alimentaria* 37 (2), 255-270.
- Huang, W., Li, L., Wang, F., Wan, J., Tilley, M., Ren, C., Wu, S. (2010): Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough. *Food Chemistry* 121, 934-939.
- Juhász R., Salgó A. (2006) A gyors viszkoanalizátoros technika alkalmazási lehetőségei. *Élelmiszervizsgálati Közlemények* 52 (4), 208-215.
- Ozturk, S., Kahraman, K., Tiftik, B., Koksel, H. (2008): Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab. *European Food Research and Food Technology* 227, 1549-1554.
- Rosell, C. M., Collar, C. (2009): Effect of temperature and consistency on wheat dough performance. *International Journal of Food Science and Technology* 44, 493-502.
- Rosell, C. M., Collar, C., Haros, M. (2007): Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21 (3), 452-462.
- Simsek, S., Tulbek, M. C., Frier, A. (2009): Characterization of starch with Mixolab (Chapter 14). *Mixolab Handbook* edited by Dubat, A., Rosell, C. M., Tulbeck, M. AACC, St Paul, MN.

## **A Mixolab technika alkalmazási lehetőségei**

### **Összefoglalás**

A Mixolab készülék az utóbbi években kifejlesztett, komplex reológiai módszer, mely különösen alkalmas gabonák, lisztek és egyéb élelmiszeripari anyagok minőségének elemzésére. Más reológiai módszerekkel összevetve nagy előnye, hogy egyszeri teszt során ad információt a keverés (dagasztás) és hőkezelés együttes hatásáról. A készülék két ellentétes, speciális alakú keverőkarral tésztát képez a

mintából és a meghatározott mennyiségű vízből és regisztrálja a karok között képződő tésztában valós időben fellépő forgatónyomatékok (Nm). A hőmérséklet program, keverési sebesség változtatható, ennek egy standardizált változata az ICC 173-as módszer. Ez a módszer egy rövid, állandó hőmérsékletű és keverési sebességű szakaszt követően egy fűtési/hűtési ciklusból áll. A keverés a mechanikai munkát, a hőterhelés a sütést modellezi, így prediktálható a végtermék minősége is. A példák a Mixolab készülék számos alkalmazási lehetőségei közül mutatnak be néhányat, melyekben a rezisztens keményítő adagolás és tojáspor jelenlétének hatása kimutatható, továbbá a különböző típusú búzalisztek a jellegzetes szakaszok alapján elkülöníthetőek.

## **The Applicability of the Mixolab Technique**

### **Abstract**

The Mixolab apparatus that has been developed recently is a complex rheological method which is designed for quality analysis of cereals and flours. Compared to other rheological methods, one important advantage of Mixolab is that it provides information about the effects of both mixing (kneading) and heat treatment in a simple test. For the assays, flour and water are placed into the Mixolab bowl. Mixolab measures the torque (expressed in Nm) produced by the passage of the dough between the two kneading arms in real time. The temperature program and the mixing speed can be modified in multiple scales: one is the standard ICC No. 173 Method. The protocol consists of a heating/cooling cycle after a certain mixing time at constant mixing speed. The mixing models the mechanical stress while the heat load models the baking thus the final quality of the product can be predicted. The Mixolab has several applications; our examples show only a few of them: e.g. the addition of resistant starch and the presence of whole egg powder can be determined. Additionally, the different types of wheat flour can be distinguished analyzing the characteristic phases of the Mixolab curve.