

Extenzográf alkalmazása a lisztvizsgálatokban

Boros Norbert – Borbélyné Varga Mária –
Győri Zoltán

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar, Élelmiszertudományi,
Minőségbiztosítási és Mikrobiológia Intézet, Debrecen
nboros@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az extenzográfot széles körben használják a minőségellenőrzésben és a kutató laboratóriumokban a búzalisztek minőségének vizsgálatára. A leggyakrabban használt jellemzők az R_m , a nyújtással szembeni legnagyobb ellenállás; R_5 , az 5 cm-re történő nyújtásnál fellépő ellenállás; E a nyújthatóság (a görbe hossza); R_m/E a legnagyobb ellenállás és a nyújthatóság aránya; és A a görbe alatti terület nagysága. Az extenzográf jól alkalmazható a lisztek minősítésére és besorolására a belőlük készült tészta fizikai tulajdonságai alapján. Másik fontos alkalmazási területe az extenzográfok az extenzográfos jellemzők használata a búzanesítésben. Ezenkívül az extenzográf kiváló eszköz a különböző összetevőknek (oxidálószer, enzimek, sók és adalékanyagok) a búzalisztek térszertulajdonságaira kifejtett hatásának vizsgálatára, és a fagyasztva történő tárolás során bekövetkező változások mérésére is. Jelen tanulmányunkban az extenzográf alkalmazásának lehetőségeivel foglalkozó szakirodalmat dolgoztuk fel.

Kulcsszavak: extenzográf, reológiai tulajdonságok

SUMMARY

The extensograph is widely used in quality control and research laboratories studying wheat flour quality. The most commonly used measurements include R_m , the maximum resistance (maximum height of the curve); R_5 the resistance at a constant extension of 5 cm; E , extensibility (total curve length); R_m/E , the ratio of maximum resistance to extension; and A , the area under curve. The extensograph has proved useful in the classification and assessment of flours on the physical dough properties. Another important application is its use in wheat breeding programs. Furthermore, extensograph is an excellent tool to study the effects of a wide range of ingredients on dough properties of wheat flour (like oxidants, enzymes, salt and additives), and it can also be used measure the changes during the frozen storage. In the present study we provide a review of the scientific literature concerning the possible applications of the extensograph.

Keywords: extensograph, rheological properties

A malom és sütőipar számára döntő jelentőségű az állandó minőségű liszt használata. A különböző sütőipari termékek különböző igényeket támasztanak a liszt minőségével és a tészta tulajdonságaival szemben.

Az állandó minőség iránti igény szükségessé tette olyan objektív vizsgálati módszerek kifejlesztését, amelyek információkat adnak a liszt minőségére

vonatkozóan, és tükrözik a sütési eljárás különböző fázisaiban a tészta viselkedését.

Az extenzográf alkalmas a tészta nyújtási tulajdonságainak mérésére, különösen a nyújtással szembeni ellenállás (rezisztencia) és a nyújthatóság megállapítására, ezáltal megbízható információkat szolgáltat a tészta sütési viselkedésére vonatkozóan.

Semelyik más módszerhez sem hasonlíthatóan, az extenzográf kimutatja a lisztben található adalékanyagok, úgymint aszkorbinsav, enzimek és emulgeáló szerek hatását, ezáltal lehetővé téve az egyes lisztek reológiai tulajdonságainak megállapítását és a felhasználási célnak megfelelő „reológiai optimumhoz” való igazítását. A „reológiai optimum” a tészta fizikai tulajdonságát jellemzi, ami az adott feldolgozási feltételek között az optimális sütési eredményt szolgáltatja.

Az extenzogram alapján a következő jellemzők határozhatók meg:

- nyújtással szembeni ellenállás
- nyújthatóság
- a görbe maximuma
- görbe alatti terület (energia)
- nyújthatóság/ellenállás aránya
- nyújthatóság/maximum

A búzalisztből készült tészták extenzogramjait négy liszt kategóriába lehet besorolni a tészta erőssége alapján: gyenge, közepes, erős, és nagyon erős. Általánosságban azok, amelyeknél a görbe alatti terület 80 cm^2 -nél kisebb, a gyenge, amelyeknél $80\text{--}120 \text{ cm}^2$, azok a közepes kategóriába, amelyek területe $120\text{--}200 \text{ cm}^2$ közötti, nagyon erős kategóriába sorolhatók. A jó nyújtással szembeni ellenállás és a jó nyújthatóság a kívánatos tészta jellemzői.

Az extenzográfos vizsgálat részleteit különböző standardok tartalmazzák:

- AACC Standard No. 54-10
- ISO 5530-2
- ICC Standard No. 114/1

Két általánosan elfogadott módszer létezik, ezek az American Association of Cereal Chemists (AACC 1983, Method 54-10) és az International Association for Cereal Chemistry (ICC 1980, Standard No.114.) módszerek. Mindkét eljárás során 300 g lisztből, 6 g sóból és a szükséges vízből a tészta a farinográf nagy dagasztó csészéjében $30 \text{ }^\circ\text{C}$ -on az 500BU konzisztencia eléréséig tésztát készítünk. Az ICC módszer szerint a tészta dagasztása pontosan 5 percig tart, ezzel szemben az AACC módszer alapján a tésztát 1 percig dagasztjuk, majd 5 percig pihentetjük, ezt követően pedig a kívánt

konzisztencia eléréséig dagasztjuk. Ennek következtében az ICC módszernél a tészta munkája és az oxigén hatása közel állandó, azonban az AACCC módszernél a tészta kialakulás optimális, de a bevitt munka és az oxidálódás különböző. Ezek a különbségek eltérő extenzográfus értékeket eredményezhetnek ugyanazon liszt vizsgálata során. A dagasztást követően a két módszer lényegében megegyezik egymással.

Ezeket a standard módszereken kívül van egy elfogadott gyors módszer is, mely a vizsgálati idő csökkentésével időt takarít meg, ezáltal a tészta pihentetési ideje a gyártás során rendelkezésre állóhoz válik hasonlóvá. Az így kapott eredmények szoros korrelációban állnak azokkal az eredményekkel, melyeket standard módszerekkel állapítottak meg.

A TÉSZTÁK REOLÓGIAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

A tészta reológiai tulajdonságai rendkívül fontosak mind a tészta megmunkálhatósága, mind pedig a végtermék minősége szempontjából. Számos módszer áll rendelkezésre a búzaliszt tészta reológiai tulajdonságainak vizsgálatára (Bloksma és Bushuk, 1988; Walker és Hazelton, 1996).

A búzalisztból készített tészta reológiai tulajdonságait a magyar szabvány szerint Brabender Farinográf (Valofigráf) vagy a francia kenyértípus jellemzésére kifejlesztett Alveográf határozzuk meg. A Farinográf a legelterjedtebben használt tésztavizsgálati módszer, mely egyaránt jellemzi a tészta kialakulását, stabilitását és ellágyulását. Ezen tulajdonságok alapján a különböző búzaminták minőségi csoportokba sorolhatók (A1-től C2-ig). A farinográfos tulajdonságok alapján azonos csoportokba sorolt minták között a tapasztalatok szerint további tulajdonságbeli különbségek lehetnek. E megállapítás nem meglepő, hiszen a Farinográf nem jellemzi a tészta valamennyi tulajdonságát, így például nem jellemzi közvetlenül a tészta nyújthatóságát sem. A tészta nyújthatóságára a sikerterület, a farinográfos ellágyulás és stabilitás adatok, valamint az alveográfos P és L értékek közvetetten utalnak ugyan, közvetlen mérésre azonban az Extenzográfot, illetve a Texture Analyser (Stable Micro Systems) készüléket használják világszerte (Rakszegi et al., 2005).

Az extenzográf a farinográfos vizsgálat kiegészítéseként információkat ad a tészta azon jellemzőire vonatkozóan, amiket a farinográf nem vet fel, ezek pedig a tészta nyújthatósága, a tészta nyújtással szembeni ellenállása (rezisztencia), és ezek aránya (Brabender, 1956, 1965; Brabender és Pagenstadt, 1957). Az R_{50} paraméter a tészta kezelhetőségi tulajdonságára utal és a készítés alatti toleranciájára (Brabender, 1953).

1936-os bemutatása óta az extenzográfot széles körben használják minőségellenőrzésben és kutatólaboratóriumokban a búzaliszt vizsgálatára. Az extenzográfos mérést a búzalisztból készült tészta fizikai jellemzőinek meghatározásához

használják. A leggyakrabban vizsgált paraméterek: R_m a maximális ellenállás (a görbe maximális magassága) extenzográf egységben kifejezve, R_5 5 cm-re történő nyújtás esetén jelentkező ellenálló képesség (ellenállás) (néha különböző nyújtást alkalmaznak) extenzográf egységben kifejezve; E nyújthatóság (a görbe hossza) centiméterben kifejezve; R_m/E a maximális ellenállás és a nyújthatóság aránya; és A a görbe alatti terület négyzetcentiméterben kifejezve.

Ezek a paraméterek, kivéve az állandó nyújtással szembeni ellenállás, már szerepeltek Mueller (1936), Munz és Brabender (1940a, b) korai extenzográfos tanulmányaiban. Dempster et al. (1952, 1953, 1955) először használták a tészta összehasonlítására az állandó nyújtással szembeni ellenállását állandó terhelés mellett.

A különböző sütőipari termékek készítéséhez eltérő extenzográfus értékekkel jellemezhető lisztekre van szükség. Hay (1993) a kelt tészta magassága és térfogata és a tészta reológiai tulajdonságai között szoros összefüggést talált, különösen az extenzográfus energia tekintetében. A vizsgálati eredményei kimutatták, hogy azonos lisztből készített kenyér sütőipari minőségéből nem lehet a kelt tészta minőségére következtetni.

Kekszgyártáshoz használt tészta reológiai tulajdonságainak vizsgálata során megállapították, hogy a tészta erőssége a kelesztési idő növekedésével párhuzamosan csökken. A tészta reológiai tulajdonságai a kelesztés első órájában változnak meg szignifikánsan (Doescher és Hosney, 1985).

Indrani and Venkateswara Rao (2000) szerint a reológiai jellemzők, mint a farinográfus vízfelvevő képesség, extenzográfus arány és görbe alatti terület szoros korrelációban állnak a parotta tészta minőségi jellemzőivel, a tészta területével, az elszakításához és összenyomásához szükséges erő mértékével.

A LISZT FEHÉRJE-ÖSSZETÉTELÉNEK HATÁSA AZ EXTENZOGRAFOS JELLEMZŐKRE

Gupta et al. (1991) 48 ausztráliai és 53, a világ más részeiből származó genotípusú búzafajtánál a kis és nagy molekulatömegű (LMW és HMW) glutenin alegységek jelenlétének a tészta minősére gyakorolt hatását vizsgálták. Megállapították, hogy a világban termesztett búzáknál a nagy molekulatömegű alegységek jóval szorosabb korrelációban állnak ($r=0,75$, $P<0,001$) a tészta maximális ellenállásával (R_{max}), mint a kis molekulatömegű alegységekkel ($r=0,56$, $P<0,001$). Az ausztrál búzafajtáknál viszont a kis molekulatömegű glutenin alegységek szorosabb korrelációban állnak ($r=0,72$, $P<0,001$) a tészta maximális ellenállásával (R_{max}), összehasonlítva a nagy molekulatömegű alegységekkel ($r=0,48$, $P<0,01$). A tészta nyújthatósága azonos szinten korrelál a kis ($r=0,44$, $P<0,001$) és a nagy molekulatömegű alegységekkel ($r=0,43$, $P<0,001$) a világban, de Ausztráliában csak a kis molekulatömegű alegységeknel találtak szignifikáns korrelációt ($r=0,54$, $P<0,001$) (1., 2. táblázat).

Eltérő genotípusú búzák extenzográfus jellemzői

Tulajdonság(1)	Mértékegység(2)	Szélső értékek(3)	Átlag(4)	SD(5)
A világ búzafajtái(6)				
Legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás(7)	BU	120-770	351	169
Nyújthatóság(8)	cm	16-26	21,5	2,2
Ausztrál búzafajták(9)				
Legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás(7)	BU	190-392	294	46,4
Nyújthatóság(8)	cm	19,5-25	22,4	1,0

Forrás: Gupta et al. (1991)(10)

Table 1: Extensograph properties of different genotype wheat

Attribute(1), units(2), range(3), mean(4), standard deviation(5), world wheats(6), maximum resistance(7), extensibility(8), Australian wheats(9), source(10)

Eltérő genotípusú hazai búzafajták extenzográfus jellemzői 2006-ban

Tulajdonság(1)	Mértékegység(2)	Szélső értékek(3)	Átlag(4)	SD(5)
Legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás(6)	BU	40-524	237	114
Nyújthatóság(7)	cm	9-21	14,3	1,8
Nyújtással szembeni ellenállás(8)	BU	40-422	180	81
Görbe alatti terület(9)	cm ²	6-84	45,6	20,5

Forrás: Saját vizsgálati eredmények(10)

Table 2: Extensograph properties of different genotype wheat of Hungary in 2006

Attribute(1), units(2), range(3), mean(4), standard deviation(5), maximum resistance(6), extensibility(7), resistance at constant extension of 5 cm(8), area(9), source: own examination results(10)

Scanlon et al. (1990) szerint a tészta nyújthatósága a lisztek fehérje-összetétele alapján jobban becsülhető, mint a gliadin tartalom alapján. Magas szignifikáns ($P < 0,001$) korreláció található a liszt minősége (különös tekintettel a tészta nyújtással szembeni ellenállására) és a gliadin fehérjék, valamint a nagy molekulatömegű glutenin alegységek mennyisége között (Campbell et al., 1987, Cressey et al., 1987).

Gupta et al. (1992) megállapították, hogy a minőségi paraméterek kizárólag a glutenin mennyiségétől (a fehérjében található glutenin (PG), és a lisztben található glutenin FG) függ. A két jellemző közül is a lisztben található glutenin mennyisége áll szorosabb korrelációban az extenzográfus nyújthatósággal, a farinográfus tészta kialakulási idővel és a kenyér térfogatával.

Zhang et al. (2007) tavaszi búzával végzett vizsgálatuk eredményeként megállapították, hogy az 1B/1R transzlokációs vonalakban szignifikánsan nagyobb az ω -gliadinok mennyisége, és kisebb a gluteninek és a kis molekulatömegű glutenin alegységek mennyisége, azonban nem találtak szignifikáns eltérést a tészatulajdonságokban és a kenyérminőségben a transzlokációt nem tartalmazó vonalakhoz képest. A transzlokációt nem tartalmazó vonalak között mérsékelt és magas korrelációs koefficienseket találtak glutenin és frakciói, valamint a farinográfus tészta kialakulási idő (DT, $r=0,85-0,92$), a stabilitás (ST, $r=0,81-0,93$) és az

extenzográfus maximális rezisztencia (R_{max} , $r=0,90-0,93$) között. A gliadin:glutenin arányok szignifikáns és negatív összefüggést mutattak a tészatulajdonságokkal és a kenyérminőséggel.

Az 1B/1R transzlokációval rendelkező búzák lisztje gyengébb minőségű, ami megmutatkozik az alacsonyabb fehérjetartalmukban is. Ezen tészták keverés során mért ellenállása kisebb, kisebb a nyújthatósága, nagyobb a nyújtással szembeni ellenállás és a nyújthatóság (R/E) aránya, és kisebb a cipó térfogata. A genetikai hatások és a termesztési környezet szignifikáns hatással volt valamennyi minőségi paraméterre (Fenn et al., 1994).

Zhang et al. (2007) szerint a genotípus hatások szignifikánsak a fehérje frakciók mennyiségére nézve, és alapvetően meghatározzák a liszttulajdonságokat és a kenyér minőségi paramétereit. A genotípusok közötti variáció mértéke sokkal magasabb, mint az egyes környezetek között az összes vizsgált paraméter tekintetében (3. táblázat). Az összes siker mennyisége, gliadin:glutenin arány, farinográfus stabilitás (ST), extenzográfus max. rezisztencia (R_{max}) között $15,5-32,9 \times 10^6$ AU/mg, 2,5-2,7, 2,2-25,1 min, 92,9-593,9 BU a genotípusok között, míg ellenben a különböző termőhelyeknél ugyanezek az értékek: $18,6-22,7 \times 10^6$ AU/mg, 3,8-4,6, 3,9-4,1 min, 196,3-334,5 BU.

A tészta tulajdonságok változása 33 genotípusnál négy környezetben

Jellemző(1)	Átlag(2)	SD(3)	Szélső értékek(4)			
			Összes(5)	Genotípus(6)	Környezet(7)	
Tészta-tulajdonságok(8)	Liszt fehérjetartalma (%) (9)	10,5	1,2	7,9-13,7	9,3-12,5	9,5-11,5
	Szedimentációs érték (ml) (10)	14,6	3,1	8,0-23,0	10,6-21,4	13,7-15,6
	Kialakulási idő (min) (11)	4,6	2,9	0,9-19,3	2,1-12,8	3,4-5,8
	Stabilitás (min) (12)	6,1	5,8	1,3-41,0	2,2-25,1	3,9-9,4
	Nyújthatóság (mm) (13)	179,7	24,3	131,6-256,0	148,2-239,1	172,7-188,9
	Legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás (BU) (14)	267,1	137,2	72,4-772,0	92,9-593,9	196,3-334,5

Forrás: Zhang et al. (2007) (15)

Table 3: Variation of the dough properties among 33 genotypes in four environments

Parameter(1), mean(2), standard deviation(3), range(4), overall(5), genotype(6), environment(7), dough properties(8), flour protein content(9), sedimentation volume(10), development time(11), stability(12), extensibility(13), maximum resistance(14), source(15)

KÜLÖNBÖZŐ ALAPANYAGOK HATÁSA A BÚZALISZTEK REOLÓGIAI TULAJDONSÁGAIRA

Az extenzográfot széles körben használják a különböző alapanyagok búzalisztek reológiai tulajdonságaira kifejtett hatásának vizsgálatára.

D'Appolonia (1984) megvizsgálta a különféle anyagoknak – mint a só, cukor, növényi zsírok, élesztő és zsirmentes tejpor – a búzalisztek farinográfus jellemzőire gyakorolt hatását. Galal et al. (1978) vizsgálatai során kimutatta, hogy a hozzáadott só csökkenti a vízfelvételt, növeli a tészta kialakuláshoz szükséges időt és a tészta stabilitását. Fisher et al. (1949) és Evans et al. (1974) kimutatták, hogy a nátrium-klorid szint növelésével növekszik a nyújtással szembeni rezisztencia, a nyújthatóság és a görbe alatti terület nagysága. Preston (1989) szerint a nátriumion sói kis mennyiségben (0,05-0,10 M) javítják a tészta erősségét, nagyobb koncentrációban (0,5-1,0 M) csökkentették azt, és növelték a farinográfus vízfelvételt.

Indrani és Venkateswara Rao (2007) megállapították, hogy tojás hozzáadására az extenzográfus arány és a görbe alatti terület megnőtt (3,35-3,45; 125-14,5 cm²). Amikor olajt adtak a tésztahoz, az extenzográfus és mixográfus jellemzők romlása volt megfigyelhető, jelezve a tészta erősségének szignifikáns csökkenését.

A sütőipari termékek jelentős forrásai a tápanyagoknak, úgymint az energia, fehérje, vas, kalcium és számos vitamin. A hagyományos kenyér és a különféle kekszek 7-8% fehérjét tartalmaznak, ami nagyon alacsony. A legtöbb sütőipari termék könnyen dúsítható és erősíthető olcsó fehérjékkel, különféle vitaminokkal és ásványianyagokkal a célcsoportok és a lakosság érzékeny részének speciális igényeihez igazodva (Indrani et al., 2007).

Egyre nagyobb az érdeklődés a búzalisztek magas lizin tartalmú anyagokkal történő dúsítása iránt, olyanok, mint a szója, vagy a feketeszemű bab, ami képes javítani a sütőipari termékek esszenciális aminosav tartalmát. Hallén et al. (2003) szerint a szójaliszt növeli a búzából készült kenyér

táplálkozási értékét, javítja a fehérje minőségét, mert lizint tartalmaz, amiből a búzában kevés található. Maforimbo et al. (2004) megállapították, hogy a fizikailag kezelt (hántolt és 3 percig gőzölt) szójalisztet (PMSF, physically modified soy flour) tartalmazó tészta nagyobb ellenállást mutatott a nyújtással szemben (R_m), nagyobb toleranciát, jobb keverési stabilitást, nagyobb vízfelvevő és vízmegkötő képességet, mint a nyers szójalisztet tartalmazó szójából és búzából készült tészta.

Yousseff és Bushuk (1986) a lóbabból készült lisztet és fehérje készítményt keverték a búzaliszthez. A farinográfus és extenzográfus vizsgálatok alapján megállapították, hogy a búzaliszthez kevert nem búza összetevők szignifikánsan megváltoztatták a tészta reológiai tulajdonságait.

Doxastakis et al. (2005) spagetti készítése során a búzadarát különböző mennyiségű csillagfűrt fehérjével helyettesítették a fehérjetartalom növelése érdekében. A hozzáadott csillagfűrt fehérjék hatására csökkent a tészta kialakulási idő és a maximum konzisztencia érték, ez a gyengítő hatás feltételezhetően a búzadara sikérvázának és a csillagfűrt fehérjék között fellépő kölcsönhatásnak tulajdonítható. A tolerancia index viszonylag kicsi volt az összes mintánál, jelezve, hogy a búzadara minták sikerje kellően rugalmas és nyújtható volt. Az extenzográfus végzett mérések azt mutatták, hogy a LPI-E százalék 0-20%-ra történő növelésével kevésbé nyújthatóvá válik a tészta, amit a magasabb R_{50}/E_x arány is jelzett. Ezzel szemben, ha a csillagfűrt fehérje tartalmat 5%-ra emelték, a görbe alatti terület (a tészta elszakadásához szükséges energia) jelentősen megnőtt, viszont ezen csillagfűrt fehérje tartalom fölött a görbe alatti terület csökkenése volt tapasztalható, de még mindig a kizárólag búzadarából készült tészta értéke fölötti volt. Azonban, ha az LPI-E mennyiségét 50%-ig növelték, a tészta nagyon gyenge lett, csökkent a kialakulási ideje, a stabilitása, valamint gyengült a nyújthatósága és a nyújtással szembeni ellenállása.

A paradicsom mag liszt hatására javult a vízfelvevő képesség, nőtt a tészta kialakulási idő, a tészta stabilitása, és ezzel ellentétben csökkent a

tészta nyújthatósága, a nyújtással szembeni ellenállása és a tészta energiája. A paradicsommag liszt javította a gázképződést, a nedvességtartalmat és a kenyér keresztmetszetét (Yaseen et al., 1991).

Az almapép az almalé gyártás mellékterméke, gazdag forrása a rostoknak és polifenoloknak (emészthető rost tartalma 51,1%). Az almapép antioxidáns tartalma miatt fontos szerepet játszhat a betegségek megelőzésében. Az almapépet keverték be búzalisztbe 5%, 10%, 15%-os arányban és vizsgálták a tészta reológiai tulajdonságait. A vízfelvétel szignifikánsan növekedett 60,1%-ról 70,6%-ra, ha az almapép tartalmat 0-ról 15%-ra növelték. A tészta stabilitása csökkent és a tolerancia index nőtt, jelezve a tészta ellágyulását. A nyújtással szembeni ellenállás szignifikánsan megnőtt 336-ról 742 BU-ra, ezzel szemben a tészta nyújthatósága 127-ről 51 mm-re csökkent (Sudha et al., 2006).

Indrani et al. (2007) a WPC (whey protein concentrate), mint funkcionális alapanyag használatának lehetőségeit vizsgálták az indiai tradicionális termékben. A búzaliszt 5, 10 és 15%-át tejsavó fehérjével helyettesítették, és megvizsgálták az így készült tészták farinográfus, extenzográfus, amilográfus jellemzőinek változását, valamint a kész parotta minőségére és mikroszerkezetére gyakorolt hatását.

A farinográfus adatok azt mutatták, hogy ha a búzalisztet WPC-vel helyettesítették, csökkent a farinográfus vízfelvétel. A tészta stabilitásának növekedése 10%-os szint felett volt tapasztalható. Abban az esetben, ha a savófehérjét 10%-tól magasabb arányban használták, csökkent a tészta stabilitása. Az extenzográfus nyújtással szembeni ellenállás és a görbe alatti terület növekedett a tejsavó arányának 10%-ig történő növelésével, azonban a nyújthatósági értékek csökkenése volt megfigyelhető, ha a tejsavó szintet 15%-ra növelték (4. táblázat). Ez valószínűleg a gluténtartalom gyengülésének tulajdonítható, valamint a savófehérjék és a búza fehérje frakciók közötti kölcsönhatásnak, ami rideg tésztát eredményez.

4. táblázat

A tejsavófehérjék hatása a búzaliszték extenzográfus jellemzőire

WPC (%) (1)	R (BU) (2)	E (mm) (3)	R/E (4)	Görbe alatti terület (cm ²) (5)
0	520	118	4,4	83
5	756	116	6,5	105
10	809	112	7,3	108
15	555	78	7,1	50

WPC: tejsavófehérje-tartalom(1), R: nyújtással szembeni ellenállás(2), E: nyújthatóság(3), R/E: nyújtással szembeni ellenállás és a nyújthatóság aránya(4)

Forrás: Indrani et al. (2007)(6)

Table 4: Effect of WPC on the extensograph characteristics of wheat flour

Whey protein contents(1), resistance to extension(2), extensibility(3), resistance/extensibility(4), area under curve(5), source(6)

Zadow (1981) vizsgálatai során hasonló eredményeket kapott, megállapította, hogy amikor kenyérfőzés során savófehérjét adtak a liszthez, az eredményül kapott tészta gyengébb és kevésbé nyújtható lett.

ADALÉKANYAGOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA EXTENZOGRÁFFAL

Napjainkban az adalékanyagok használata a sütőiparban mindennapos gyakorlat. Ezek használatának célja, hogy javuljon a tészta feldolgozási tulajdonsága, javuljon a friss kenyér minősége és a kenyér hosszabb ideig legyen eltartható. E célok érdekében különböző adalékanyagokat használnak, az utóbbi időben pedig enzimeket, amiknek köszönhetően a vásárlók körében keresett, adalékanyagoktól mentes termékeket állítanak elő (Rosell et al., 2000).

Di Cagno et al. (2002) a tejsavtermelő baktériumok és az exogén enzimek (glükóz-oxidáz, lipáz, endo-xylanáz, proteáz) közötti kölcsönhatást vizsgálták. Megállapították, hogy az enzimek hatására a tejsavképződés fokozódott és felgyorsult. Az *Lb. Hilgardii* 51B baktériumtörzsszel kezelt tésztákhoz adott enzimek a tészta nyújtási ellenállásában (R) jelentős változásokat okoztak (5. táblázat).

5. táblázat

***Lb. hilgardii* baktériumokkal és/vagy különböző enzimekkel készített tészták extenzográfus jellemzői**

Minták(1)	R(2) (EU)	E(3) (mm)
<i>Lb. hilgardii</i> 51B	700	83
Glükóz-oxidáz(4)	410	127
<i>Lb. hilgardii</i> 51B + glükóz-oxidáz	660	84
Lipáz(5)	910	81
<i>Lb. hilgardii</i> 51B + lipáz	820	83
α -Amiláz(6)	810	82
<i>Lb. hilgardii</i> 51B + α -amiláz	760	90
Proteáz(7)	190	186
<i>Lb. hilgardii</i> 51B + proteáz	450	130

R: nyújtással szembeni ellenállás(2), E: nyújthatóság(3)

Forrás: Di Cagno et al. (2003)(8)

Table 5: Brabender extensograph parameters of doughs started with *Lb. Hilgardii* 51B and/or several microbial enzymes

Samples(1), resistance to extension(2), extensibility(3), glucose oxidase(4), lipase(5), α -amylase(6), protease(7), source(8)

Míg a lipáz és α -amiláz növelte az R-értéket 910 és 810 EU-ra, addig a glükóz-oxidáz és a proteáz ezt az értéket 410 és 190 EU-ra csökkentette. Ezzel szemben a glükóz-oxidáz és a proteáz enzimek 83 mm-ről 127 és 186 mm-re növelték a tészta nyújthatóságát (E). Ezek az ellentétes változások tükröződnek az R/E arányban, amely az *Lb. Hilgardii* 51B baktériumokat tartalmazó tésztához (8,4) képest a lipázt és α -amilázt tartalmazó tésztáknál az R/E arány magasabb (11,1 és 9,7), a glükóz-oxidáz és a proteáz enzimek tésztáinál ez az érték (3,2 és 1,0) alacsonyabb volt. A tejsavtermelő

baktériumok és enzimek együttes használatával a R/E arányok a középértékekhez közelítettek. A glükóz-oxidáz enzim és a Lb. Hilgardii 51B törzs együttes hatására megnőtt a tészta ellenállása (R=660EU) és csökkent a nyújthatósága (E=84 mm), ami a 7,8 R/E arányhoz vezetett. Azonos hatása volt proteáz enzimnek és a Lb. Hilgardii 51B törzsnek is, hatásukra a tészta nyújtással szembeni ellenállása (R=450EU) megnőtt.

Rosell et al. (2000) különböző hidrokolloidok (nátrium-alginát, κ -karragenán, xantán-gumi és hidroxipropil metilcellulóz) hatását vizsgálták a tészta reológiai tulajdonságaira és a kenyér minőségére. Megállapították, hogy a hidrokolloidok növelik a tészta nyújthatóságát. Azonban a nyújthatóságot gyakorlatilag nem befolyásolta a pihentetési idő növelése.

El-Hady et al. (1996) megállapították, hogy az aszkorbinsav önmagában, vagy kálium-bromáttal, vagy nátrium-sztearoil-2-laktilláttal együttesen alkalmazva javította a végtermék minőségét. A liszthez kevert adalékanyagok hatására nőtt a tészta gázképző képessége, ezáltal javult a kenyérbél szerkezete, és nagyobb lett a tészta magassága. Az oxidálószerrek hatására nőtt a fagyasztott tészta nyújtással szembeni ellenállása, és csökkent a nyújthatósága.

Maforimbo et al. (2004) hasonló eredményeket kaptak, vizsgálatuk során az L -askorbinsav 250 ppm-ről 500 ppm-re történő növelésével a nyújtással szembeni ellenállás növekedett ($P < 0,05$) mind a nyers szójalisztból és fizikailag módosított

szójalisztból készült tészta esetében is. L -askorbinsav csökkentette a szója-búza tészta nyújthatóságát 135 min pihentetés után ($P < 0,05$).

FAGYASZTOTT TÉSZTÁK VIZSGÁLATA EXTENZOGRAFFAL

A fagyasztott tészta nagyon fontos része a sütési technológiának. A fagyasztott tésztából sült kenyér minősége a fagyasztva tárolás során fokozatosan romlik (Inoue és Bushuk, 1991, 1992; Inoue et al., 1994, 1995; El-Hady et al., 1996). Két tényezőt határoztak meg, mint a sütési minőség csökkenésének lehetséges okai: az első a gázképződés csökkenése, amit az élesztők aktivitásának csökkenése okoz, a második a tészta erősségének fokozatos csökkenése.

Inoue és Bushuk (1991) a kelesztett és keletlen tészta extenzográfus vizsgálatát alapján megállapították, hogy a kelesztett tészta síkér szerkezete a fagyasztás során nagyobb mértékben sérülhet, mint a keletlen tésztáknál. Véleményük szerint a lisztek fehérje tartalmánál fontosabb a fehérjék minősége (Inoue és Bushuk, 1992).

Inoue et al. (1995) megállapították, hogy a kiolvasztott tészta nyújtással szembeni ellenállása (R_{max}) és a gáztermelő képessége szignifikánsan csökkent az első napon, a három felengedés-visszafagyasztást és a 70. napot követően, ezzel szemben a tészta nyújthatósága csak a tárolás 70. napja után nőtt szignifikánsan (6. táblázat).

6. táblázat

A nem fagyasztott és a kiolvasztott tészta extenzográfus jellemzőinek és a gáztermelő képességének alakulása

Fagyasztva tárolás időtartama(2)	Tulajdonságok(1)			
	Legnagyobb nyújtással szembeni ellenállás (BU)(3)	Nyújthatóság (mm)(4)	Gáztermelő képesség(5)	
			(mm Hg)	(%)
0 nap (kontrol)(6)	627	121	459	100
1 nap(7)	530	122	447	97
7 nap(8)	523	123	451	98
7 nap, háromszori felengedés, visszafagyasztás(9)	407	121	378	82
70 nap(10)	360	136	254	55

Forrás: Inoue et al. (1994)(11)

Table 6: Extensograph properties and gassing power of nonfrozen and thawed frozen doughs Properties(1), frozen storage time(2), maximum resistance(3), extensibility(4), gassing power(5), 0 days (control)(6), 1 day(7), 7 days(8), 7 days and three thaw-freeze cycles(9), 70 days(10), source(11)

IRODALOM

- Bloksma, A. H.-Bushuk, W. (1988): Rheology and chemistry of dough (3rd ed. In Y. Pomeranz (Ed.). Wheat chemistry and technology (vol. II, pp. 131-217). St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
- Brabender, C. W. (1956): The physical evaluation of flour performance. Bakers Digest, 30, 37.
- Brabender, C. W. (1965): Physical dough testing. Cereal Science Today, 10, 291.
- Brabender, C. W.-Pagenstadt, B. (1957): Flour testing and dough technology. Biscuit Maker and Plant Baker, January, 24.
- Brabender, O. H. G. (1953): Extensograph, instruction manual, Duisburg: Brabender OHG No. 1702 E.
- Campbell, W. P.-Wrigley, C. W.-Cressey, P. J.-Slack, C. R. (1987): Statistical correlations between quality attributes and grain-protein composition for 71 hexaploid wheats used as breeding parents. Cereal Chemistry, 64, 293-299.
- Cressey, P. J.-Campbell, W. P.-Wrigley, C. W.-Griffin, W. B. (1987): Statistical correlations between quality attributes and grain-protein composition for 60 advanced lines of crossbred wheat. Cereal Chemistry, 64, 299-301.

- D'Apollonia, B. L. (1984): Types of farinograph curves and factors affecting them. In B. L. D'Apollonia, and W. H. Kunerth (Eds.). *The farinograph hand book* (18-23). St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
- Dempster, C. J.-Hlynka, I.-Winkler, C. A. (1952): Quantitative extensograph studies of relaxation of internal stresses in non-fermenting bromated and unbromated doughs. *Cereal Chemistry*, 29, 39.
- Dempster, C. J.-Hlynka, I.-Anderson, J. A. (1953): Extensograph studies of structural relaxation in bromated and unbromated doughs mixed in nitrogen. *Cereal Chemistry*, 30, 492.
- Dempster, C. J.-Hlynka, I.-Anderson, J. A. (1955): Influence of temperature on structural relaxation in bromated and unbromated doughs mixed in nitrogen. *Cereal Chemistry*, 32, 241.
- Di Cagno, R.-De Angelis, M.-Corsetti, A.-Lavermicocca, P.-Arnault, P.-Tossut, P.-Gallo, G.-Gobbetti, M. (2002): Interactions between sourdough lactic acid bacteria and exogenous enzymes: effects on the microbial kinetics of acidification and dough textural properties. *Food Microbiology*, 20, 67-75.
- Doescher, L. C.-Hoseney, R. C. (1985): Saltine crackers: changes in cracker sponge rheology and modification of a cracker-baking procedure. *Cereal Chemistry*, 62, 158-162.
- Doxastakis, G.-Papageorgiou, M.-Mandalou, D.-Irakli, M.-Papalamprou, E.-D'Agostina, A.-Resta, D.-Boschin, G.-Arnoldi, A. (2005): Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti. *Food Chemistry*, 101, 57-64.
- El-Hady, E. A.-El-Samahy, S. L.-Seibel, W.-Brümmler, J. M. (1996): Changes in gas production and retention in non-prefermented frozen wheat doughs. *Cereal Chemistry*, 73, 472-477.
- Evans, G. C.-Deman, J. M.-Rasper, V. F.-Voisey, P. W. (1974): An improved dough extensigraph. *Journal of Canadian Institute of Food Science and Technology*, 7, 263-268.
- Fenn, D.-Lukow, O. M.-Bushuk, W.-Depauw, R. M. (1994): Milling and baking quality of 1BL/1RS translocation wheats. I. Effects of genotype and environment, 71, 189-195.
- Fisher, M. H.-Aitken, T. R.-Anderson, J. A. (1949): Effects of mixing salt and consistency on extensograms. *Cereal Chemistry*, 26, 81-97.
- Galal, A. M.-Varriano-Marston, E.-Johnson, J. A. (1978): Rheological dough properties as affected by organic acids and salts. *Cereal Chemistry*, 55, 683-691.
- Gupta, R. B.-Bekes, F.-Wrigley, C. V. (1991): Prediction of physical from glutenin subunit composition in bread wheats: correlation studies. *Cereal Chemistry*, 68, 328-333.
- Gupta, R. B.-Batey, I. L.-MacRitchie, F. (1992): Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. *Cereal Chemistry*, 69, 125-131.
- Hallén, E.-Ibanoglu, S.-Ainsworth, P. (2003): Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 63, 177-184.
- Hay, R. L. (1993): Effect of flour quality characteristics on puff pastry baking performance. *Cereal Chemistry*, 70, 392-396.
- Indrani, D.-Prabhasankar, P.-Rajiv, J.-Venkateswara Rao, G. (2007): Influence of whey protein concentrate on the rheological characteristics of dough, microstructure and quality of unleavened flat bread (parotta). *Food Research International* in press
- Indrani, D.-Venkateswara Rao, G. (2000): Effects of chemical composition of wheat flour and functional properties of dough on the quality of south Indian parotta. *Food Research International*, 33, 875-881.
- Indrani, D.-Venkateswara Rao, G. (2007): Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of parotta. *Journal of Food Engineering*, 79, 100-105.
- Inoue, Y.-Bushuk, W. (1991): Studies on frozen doughs. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties. *Cereal Chemistry*, 68, 627-631.
- Inoue, Y.-Bushuk, W. (1992): Studies on frozen doughs. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. *Cereal Chemistry*, 69, 423-428.
- Inoue, Y.-Sapirstein, H. D.-Takayanagi, S.-Bushuk, W. (1994): Studies on frozen doughs. III. Some factors involved in dough weakening during frozen storage and thaw-freeze cycles. *Cereal Chemistry*, 71, 118-121.
- Inoue, Y.-Sapirstein, H. D.-Bushuk, W. (1995): Studies on frozen doughs. IV. Effects of shortening systems on baking and rheological properties. *Cereal Chemistry*, 68, 627-631.
- Maforimbo, E.-Nsuyen, M.-Skurray, G. R. (2004): The effect L-ascorbic acid on the rheological properties of soy-wheat dough: a comparison of raw and physically modified soy flours. *Journal of Food Engineering*, 72, 339-345.
- Mueller, H. G. (1936): *Die Mullerei*, 12, 41.
- Munz, E.-Brabender, C. W. (1940a): Prediction of baking value from measurements of plasticity and extensibility of dough. I. Influence of mixing and molding treatments upon physical dough properties of typical American wheat varieties. *Cereal Chemistry*, 17, 78.
- Munz, E.-Brabender, C. W. (1940b): Extensograms as a basis of predicting baking quality and reaction to oxidizing agents. *Cereal Chemistry*, 17, 313.
- Preston, K. R. (1989): Effects of neutral salts of the lyotropic series on the physical dough properties of Canadian red spring wheat flour. *Cereal Chemistry*, 66, 144-148.
- Rakszegi M.-Láng L.-Bedő Z. (2005): Tészta nyújthatóság vizsgálatok a búzanesítésben. *Martonvásár 2005/1*, 12-13.
- Rosell, C. M.-Rojas, J. A.-Benedito de Barber, C. (2000): Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15, 75-81.
- Scanlon, M. G.-NG. P. K. W.-Lawless, D. E.-Bushuk, W. (1990): Suitability of reversed-phase high-performance liquid chromatographic separation of wheat proteins for long-term statistical assessment of breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 67, 395-399.
- Sudha, M. L.-Baskaran, V.-Leelavathi, K. (2006): Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104, 686-692.
- Walker, C. E.-Hazelton, J. L. (1996): Dough Rheological Tests (Back to the basics). *Cereal Foods World*, 41, 23-28.
- Yassen, A. A. E.-Mohamed, H.-Shams El-Din, A.-Ramy Abd El-Latif, A. (1991): Fortification of balady bread with tomato seed meal. *Cereal Chemistry*, 68, 159-161.
- Youssef, M. M.-Bushuk, W. (1986): Breadmaking properties of composite flours of wheat and faba bean protein preparations. *Cereal Chemistry*, 63, 357-361.
- Zadow, J. G. (1981): Measurement of the effect of whey protein concentrates on fermenting doughs by the Instron Tester. *Australian Journal of Dairy Technology*, 36, 56-59.
- Zhang, P.-He, Z.-Chen, D.-Zhang, Y.-Larroque, O. R.-Xia, X. (2007): Contribution of common wheat protein fractions to dough properties and quality of northern-style Chinese steamed bread. *Journal of Cereal Science*, 46, 1-10.