

The relationship between gluten proteins and baking quality

A gabonafehérjék és a sütőipari minőség kapcsolata

Móré Mariann¹ – Győri Zoltán² – Sipos Péter¹

¹Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

²Központi Élelmiszer - Tudományi Kutatóintézet
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

morem@agr.unideb.hu

Kulcsszavak: búza, sikefehérje, gliadin, glutenin, sütőipari minőség

Keywords: wheat, gluten protein, gliadin, glutenin, baking quality

ÖSSZEFOGLALÁS

A gabonafélék közül a búza az egyik legértékesebb és legnagyobb területen termesztett kenyérgabona. A búza tartalékfehérjéi, - a gliadin és glutenin - hidratációja során kialakul a sikeváz. A gliadin adja a sike nyújthatóságát, a glutenin pedig a szilárdságát. A sikefehérjék szerkezete, összetétele és reológiai tulajdonságai nagymértékben befolyásolják a sütőipari minőséget. A legmeghatározóbb szerepet a gliadin/glutenin arány, valamint a glutenin frakció minősége és szerkezete játssza a sikeváz kialakításában. A kenyérsütés technológiai lépéseiben bekövetkező változások is hatással vannak a termék minőségére. Számos vizsgálat azt bizonyította, hogy a magas glutenin tartalmú fehérjék arányával nőtt a tészta szilárdsága, míg a gliadint tartalmazó fehérjék többségével nőtt a tészta nyújthatósága és csökkent a nyújtással szembeni ellenállás mértéke. A glutenin polimer alakíthatóságában is nagy szerepe van a monomer gliadinoknak. A glutenin frakció minőségének is döntő szerepe van a sikeváz kialakításában, hiszen a glutenin összetett spirális felépítésének köszönhetően stressz állapot következtében deformálódik, majd a stressz állapot megszűnésével a β -spirális szerkezet visszanyeri eredeti állapotát.

A búzafhérjékre jellemző összetett tulajdonságok hatására alakul ki a végleges termékminőség, ezáltal a részletekbe menő ismeretük minőségcentrikus termékfejlesztés alapfeltétele.

SUMMARY

Wheat, one of the most important cereals, is grown on the largest area in Hungary. During hydration of storage proteins of wheat – gliadin and glutenin – the gluten complex is evolved. The gliadin is responsible for the extensibility of gluten complex as well as the glutenin for the strength of gluten. The structure, composition and rheological properties of gluten proteins influence significantly the baking quality. The gliadin/glutenin ratio and the quality and structure of glutenin fraction play the most important role in evolving gluten complex. Changes in the steps of breadmaking technology also have effect on the quality of product. Several tests proved that the higher glutenin content increases the strength of dough while the higher gliadin content increases the extensibility of dough and decreases maximum resistance to extension. The monomer gliadins play a great part in plasticity of glutenin polymer. The quality of glutenin fraction significantly influences the evolving gluten complex, because of the spiral structure of glutenin which deforms under stress conditions, then the β -spiral structure resumes their original conformation by releasing from stress.

The final quality of product evolves as a result of complex characteristics of wheat proteins, so detailed knowledge on the roles of different protein compounds is the base of the quality oriented product development.

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A világ egyik legértékesebb és legnagyobb területen termesztett kenyérgabonája a búza, melynek fehérjetartalma hazánkban 12-18% közötti átlagosan. Ezt az értéket több tényező is befolyásolja, úgymint az őrléshez felhasznált búza fajtája és a termesztés körülményei (Gasztonyi, 2004).

A sütőipari termékek közül az egyik legfontosabb a búzakenyér. A búza Földünkön az egyetlen olyan növény, melynek szemtermése olyan fehérjéket tartalmaz, ami képes vízzel való kölcsönhatás révén rugalmas, jól nyújtható (sike) szerkezetet kialakítani. A sikeváznak köszönhetően a tészta képes gázvisszatartásra. A többi kenyérgabona tésztájának gázvisszatartó képessége rossz a sikeváz hiánya miatt, így a belőlük sült kenyér tömör bélzetű lesz.

A tartalékfehérjék (gliadin, glutenin) minőségének és mennyiségének, valamint arányuknak és sütés alatti változásuknak köszönhetően a termék minősége is változik. Bár a fehérjék mennyisége, valamint a sütőipari

minőség között nem feltétlenül van szoros kapcsolat, ezért a beltartalmi paraméterek mérése mellett sok esetben meghatározó jelentőségűek a reológiai tulajdonságok is (Nádosi, 2005).

A búzalisztból készült kenyerek minőségét nagymértékben meghatározzák a fehérjék. A fehérjék mennyisége és minősége is nagyon fontos tényező a kenyérfeldolgozás során. Ez abból is adódik, hogy a fehérjék összetétele lineáris kapcsolatban van a kenyérfeldolgozás felhasznált búzalisztok viselkedésével, valamint ez az összefüggés búza fajtánként változó (Finney és Barmore, 1948).

1. A búzaszem szerkezete és a fehérjék csoportosítása

A búzaszem felületét a terméshéj és a maghéj alkotja. Az előbbi három-, az utóbbi két rétegből nőtt össze. Ez a többrétegű héj védi meg az endospermet és a csírákat, azaz a mag belső részeit a külső behatásoktól. Ezután következik a maghéjjal összenőtt hialinréteg, mely különböző nyálkaanyagokból áll, amik a gabonaszem nedvességszabályozásában vesznek részt. Az aleuron réteg és az endosperm tartalmazzák a tápanyagokat. Az endosperm adja a gabonaszem fő tömegét, mely fehérje- és keményítőtartalma jelentős. A lisztos rész lehet tömör, vagy laza szerkezetű. A csíra a termés alsó végének külső része felé helyezkedik el (Lásztity, 1981; Györi, 1999).

1. A **gabona magvak morfológiája** szerint a fehérjéket három csoportba lehet sorolni, úgymint tartalékfehérjék, az aleuronréteg fehérjéi és a csírafehérjék.

A tartalékfehérjék jellemzően endosperm fehérjék. Mindamellett, a tartalékfehérjék egy kisebb mennyisége megtalálható az aleuron rétegben és a csírában is. A gabonafélék közül a búza fehérjetartalma a legnagyobb. A búzaszem fehérje összetételének %-os megoszlása a szárazanyagra vonatkoztatva eltérő. Így a teljes szem (100%) fehérjetartalma 16,06%, az endospermiumé (81,6%) 12,91%, míg a csíra (3,27%) fehérjetartalma 37,63%, a héj- és aleuronrétegek (15,13%) 28,75%-ban tartalmaznak fehérjét szárazanyagtartalmukra nézve (Láng, 1976).

2. Az egyes fehérjék biológiai funkciói, valamint a gabonaszemek szerkezete szorosan összefügg a gabonafehérjék biokémiájával (Lásztity, 1981).

A gabonafehérjék **biokémiai szempontból** két csoportba sorolhatók, úgymint a metabolikusan aktív fehérjék (albuminok, globulinok) és a tartalékfehérjék (prolaminok, glutelinek). Ettől függetlenül néhány tulajdonságbeli és funkcióbeli átfedés lehetséges.

A metabolikusan aktív fehérjék csoportjába tartoznak a membrán fehérjék, a nem enzim jellegű fehérjék és a sejtoranellum fehérjék.

A metabolikusan aktív (citoplazma) fehérjék vízben vagy sóban oldódnak. Molekulatömegük viszonylag kicsi, valamint molekulájuk globuláris jellegű. A citoplazma és a tartalékfehérjék aminosav összetételében lévő különbségek viszonylagosan nagyok és hatással vannak ennek a két molekulatípusú fehérje tápértékére. A metabolikusan aktív fehérjéknek számottevően kevesebb a glutaminsav és a prolin tartalma, de nagyobb a lizin és arginin tartalma, így tápértékük is magasabb.

Az endosperm tartalékfehérjéi általában víz- és sóoldhatatlanok. Ezekre a fehérjékre jellemző, hogy kétféle fehérjét tartalmaznak: az alacsony molekulatömegű fehérjét, mely egy polipeptidláncból áll és csak intramolekuláris diszulfidkötéseket tartalmaznak. A nagy molekulatömegű fehérjék több polipeptidláncból állnak, melyeket intermolekuláris diszulfidkötések kötnék össze. A tartalékfehérjék legtöbb polipeptidláncában az aminosav-sorrend ismétlődik. A tartalékfehérjék nagy részarányban tartalmaznak glutaminsavat és prolint, valamint kis részarányban lizint, arginint, treonint és triptofánt (Lásztity, 1995).

A búzából készült liszt tartalmaz tartalékfehérjéket olyan egyedülálló tulajdonságokkal rendelkezők, melyek vizes közegben rugalmas és nyújtható (viszkoelasztikus) tézstárszerkezetet alakítanak ki. A tézstárszerkezet követő kimosás után a vízoldhatatlan fehérjefrakciók (a gliadin és glutenin fehérjék) rugalmas és alakítható masszája, a sikér marad vissza, mely arra képes, hogy a tézta kiterjedjen és megtartsa az erjesztés alatt keletkező gázbuborékokat (Khan és Nygård, 2006).

3. Osborne (1907) átfogó jellegű módszerei alapján a búzafehérjéket **oldhatóságuk szerint** négy csoportba osztotta:

- Albuminok: vízben oldható fehérjék, melyek közül a leukozin a legismertebb. Leginkább a csírában dúsul fel, amely azt jelzi, hogy a sötétebb liszt leukozin tartalma magasabb. Az albuminok vizes oldatából 55-65°C-on csapódik ki.
- Globulinok: vízben nem, de híg sóoldatokban jól oldódó fehérjék. Mint az albuminok esetében, a globulinok is a csírában vannak túlsúlyban. Az albuminok és globulinok mennyisége, a búza összes fehérjéinek 15-20%-át teszi ki.
- Prolaminok: 50-70%-os alkoholban oldhatók, de vízben és sóoldatokban oldhatatlanok. A prolaminok közül a gliadin a legjelentősebb, mely vízzel kölcsönhatásba lépve jól duzzad. 60-70°C-on denaturálódik, így elveszíti duzzadásképeségét. A sikér egyik fő alkotórésze a gliadin (Gasztonyi, 2004).

A monomer **gliadinok** nagy heterogenitást mutatnak. Az Osborne-féle csoportosítás szerint a gliadinok natív állapotban 70%-os alkoholban oldódnak. Molekulatömegük 30.000 és 80.000 között változik. Az endosperm tartalékfehérjék között az alacsony molekulatömegű tartalékfehérjék közé tartoznak a gliadinok. Biokémiaiilag három típusát különböztetjük meg: α -, γ -, ω - glidaint (Veraverbeke és Delcour, 2002). Savas poliakrilamid elektroforézis útján lehet szétválasztani őket. Az α - gliadinok mozgékonyasága a legnagyobb, míg az ω - gliadinok mozgékonyasága a legkisebb a gélben (K. Khan és G. Nygard, 2006). Az α - és γ - gliadinokban lévő diszulfid-kötések intramolekulárisak. A gliadinok nagymértékben hozzájárulnak a búzalisztból készült tészták alakíthatóságához, nyújthatóságához és nyúlásához (Goesaert, 2009).

- Glutelinek: híg savakban és gyenge lúgokban oldódnak, de vízben, sóoldatokban, valamint alkoholban oldhatatlanok. A sikér másik fő alkotórésze a glutenin, mely a glutelinek csoportjában található (Gasztonyi, 2004). A **gluteninek** a nagy molekulatömegű tartalékfehérjék közé tartoznak. Két fő tulajdonsággal rendelkezik: só- és alkohololdhatatlan, valamint több polipeptidláncból álló makromolekula, mely polipeptidláncoikat intermolekuláris diszulfid-kötések tartják össze (Lásztity, 1995). Méretük 500.000 és több mint 10 millió között változik (Wieser és mtsai, 2006). Gyenge oldhatóságuk, valamint nagy molekulatömegükre való tekintettel elektroforézissel nehezen választhatók el, így leginkább hasonló gliadin-összetételű fajták megkülönböztetésére használják fel őket (Hajósné, 1999). Négy különböző glutenin alegységet különböztethetünk meg: a nagy molekulatömegű alegységeket (HMW-GS), melyek molekulatömege 65.000 és 90.000 közötti, valamint a B-, C-, és D- típusú alacsony molekulatömegű (LMW-GS) alegységeket, melyek molekulatömege 30.000 és 60.000 közötti (Goesaert és mtsai, 2005).

A gluteninek molekulatömeg szerinti osztályozása az egyik legfontosabb a tészta tulajdonságainak kialakításában, valamint a sütés során (Wieser, 2007).

A gliadin és glutenin mennyisége az összes fehérjének kb. 40-40%-a, tehát 1:1 arányban vannak jelen a búzalisztokban (Gasztonyi, 2004). A glidain adja a sikér nyúlékonyságát és ragasztóképességét, míg a glutenin a sikér szilárdságát és ellenállóképességét határozza meg (Györi, 1999).

2. A sikérfehérjék technofunkcionális tulajdonságai

2.1. A sikérfehérjék funkciója a kenyérfőzésben

A sikérfehérjék a legmeghatározóbbak a kenyérfőzés minőségének kialakításában. Valójában, a sikérfehérjék szokatlan tulajdonságai teszik lehetővé, hogy a búzalisztból a kenyérsütéshez megfelelő tulajdonságú tésztát készíthessünk. Ezek a fehérjék a kenyérfőzés technológiai fázisaiban különböző változásokon mennek keresztül, bár e változások jellege a természetes sikérfehérjék felépítésében kevésbé ismertek (Goesaert és mtsai, 2005).

2.2. A rugalmasság definíciója

Kieffer (2006) szerint a tészta szerkezete a vulkanizált, térhálósított gumi szerkezetével mutat hasonlóságot, mely láncszerűen összekötött. Mindkettő magas molekulatömegű, de a sikér egy nem láncszerűen összekapcsolt anyag. A molekulák részben szétválaszthatók SDS (nátrium-dodecil-szulfát) negatív töltésű detergensekkel. A rugalmasság akkor érzékelhető, ha a tésztát gyorsan kinyújtjuk és elengedjük. A rugalmasság akkor megfelelő, ha a tészta gyorsan felveszi eredeti alakját. Ha a tésztát széthúzzuk, egy vékony hártya keletkezik. A repedés nélküli hártyából következtethetünk a jó sikér minőségére, ebből következően rugalmasságára is.

2.3. A gliadin és glutenin hatása a tésztára

A gliadin felel a tészta nyújthatóságáért, míg a glutenin a jobb rugalmasságért (Cheftel és mtsai, 1985). A tésztában a kettő keveréke eredményezi a két különböző tulajdonságot, a nyújthatóságot és rugalmasságot. Két fontos tényező befolyásolja a sikérfehérje minőségét a kenyérfőzés során:

Egyik tényező, a gliadin/glutenin arány. Ez annak a következménye, hogy a búzalisztok viszkoelasztikus sikérfehérje hálóján belül a gliadinok és a gluteninek különböző szerepet töltenek be. A glutenin polimerek - nagy méretének tulajdoníthatóan - olyan összefüggő hálót alkotnak, mely a tészta szilárdságát (deformációval szembeni ellenállás) és rugalmasságát biztosítja (Belton, 1999; Ewart, 1972). Másrészt, úgy gondolják, hogy a monomer gliadinok felelnek a glutenin polimer rendszer alakíthatóságáért. Ily módon, biztosítják a búzalisztból készült tészták formálhatóságát/nyújthatóságát (Khatkar és mtsai, 1995). A minőségi kenyérfőzés megkívánja a megfelelő egyensúlyt a tészta nyújthatósága és rugalmassága között. A fehérjefrakciók minősége

és mennyisége - gliadin/glutenin arány - is meghatározza a sikérváz szilárdságát és nyújthatóságát (Kim és mtsai, 1988; Wieser és Kieffer, 2001).

A másik fontos tényező a sikérfehérje minőségében a glutenin frakció minősége, hiszen a glutenin összetevők különbsége a legfontosabb magyarázat a sikérfehérjék minőségbeli különbségében a kenyérfőzés folyamán. A glutenin működésbeli különbsége adódhat az összetétel változásából, a szerkezetből és/vagy a glutenin polimerek nagyságbeli különbségéből (Goesaert és mtsai, 2005). Stressz állapot alatt, a gluteninben lévő kusza és nem kovalens kötésű szerkezet nyújtja a deformációval szembeni ellenállást, mely növeli a nyújthatóságot, valamint képessé teszi a glutenin polimerek visszahúzódását. A glutenin rugalmasságát spirális szerkezetének is köszönheti. Ugyanis a glutenin nagy molekulatömegű alegységeinek szerkezete hasonlít az emlősök rugalmas kötőszöveti rostjainak fehérjéihez az elasztinhoz, melyben a rugalmasság a β -spirál szerkezetének tulajdonítható. Stressz állapot alatt ez a β -spirál deformálódik, de amint vége ennek az állapotnak, a β -spirál szerkezet felveszi eredeti állapotát (Khatkar, 2011).

3. Kenyérfőzés

3. 1. A sikérfehérjék állapotának változása a kenyérfőzés folyamán

A liszt vízzel való elegyedése során a glutenin megduzzad és egyesül a gliadinnal, néhány vízzel oldható albuminnal és globulinokkal. Ennek a keverési folyamatnak köszönhetően fokozatosan kialakul a sikérháló (Bietz és Wall, 1980; Huebner, 1977).

A lisztszemcsék alkotórészei, bár hidrofílek, mégis más módon lépnek kölcsönhatásba a vízzel. Az alkotórészek közül a legfontosabb átalakuláson az endospermében található tartalékfehérjék mennek keresztül. Ezek a fehérjék ugyanis víz hatására majdnem saját tömegük közel 180%-át kitevő vizet kötnek meg. Ezáltal egy rugalmas, jól nyújtható, gumiszerű anyaggá, sikérré duzzadnak, miközben az eredeti lisztszemcsék teljesen szétesnek, így a szomszédos szemcsékben lévő fehérjérészek összetapadva létrehozzák a tészta sikérhálózatát. A búza fehérjéinek sikérképző tulajdonságát annak köszönheti, hogy gliadinjának és gluteninjának korlátozott duzzadásképesége van, valamint térhálós összekapcsolódásra képesek. A korlátozott duzzadásképeség ebben az esetben azt jelenti, hogy a fehérjék meghatározott arányban képesek vizet megkötni, így duzzadásuk befejeztével akkor sem mutatnak több víz után vonzalmat, ha a számukra szükséges víznél több áll rendelkezésükre. Ennek molekuláris szerkezeti magyarázata van, ugyanis a sikerben a gliadin és glutenin peptidláncait olyan intra- és intermolekuláris erők tartják össze, melyek a vízmegkötésre hajlamos csoportok hidrofilitásánál nagyobbak, így gátat szabnak a további vízfelvételnek, vagyis a teljes feloldódás bekövetkezésének (Gasztonyi, 2002a).

3. 2. A dagasztás hatása a sikérfehérjékre

A dagasztás, mint fizikai művelet arra szolgál, hogy a tésztaképző anyagokat alaposan és gyorsan összekeverjük, annak érdekében, hogy a duzzadásnak induló fehérjék szerkezetét nyíróerőkkel fellazítsák, mely elősegíti a vízfelvételt, valamint a sikérváz létrejöttét (Gasztonyi, 2002a). A sikérfehérjék mennyisége és minősége befolyásolja az optimálisan elkészített tészta reológiai tulajdonságait és kedvezően hat az erjesztés alatt álló tészta gázvisszatartó tulajdonságára, valamint meghatározzák a dagasztás követelményeit és a túldagasztással szembeni érzékenységet is (Gan és mtsai, 1995).

A hagyományos dagasztás során a tésztaképző anyagok elegyedése lassan következik be, így a sikérképző fehérjék duzzadása más-más szakaszban történik. Ezzel ellentétben az intenzív dagasztás során a tészta nem jut el a sikérváz képződési szakaszáig. Így nedves tapintású, ragacos tészta képződik, mely tapad a berendezéshez. A sikérváz ebben az esetben 5-10 perces pihentetés után alakul ki. A mechanikai munka mennyiségének helyes megválasztása nagyon fontos, hiszen ha a megmunkálás mértéke kisebb, akkor a tészta nem éri el a legkedvezőbb duzzadási állapotot, míg túldagasztás esetén a sikérváz károsodik. Ebben az esetben sütés után kisebb térfogatú, kevésbé lazított szerkezetű lesz a kenyér (Gasztonyi, 2002a).

Kieffer (2006) kísérletében ugyanolyan összetételű kenyereket készítettek, de különböző mechanikai eljárást alkalmaztak. Az egyik mintát gömbölyítették, míg a másikat nem. A nem gömbölyített mintát 20 másodpercen belül Farinográfba helyezték, míg a gömbölyített tésztát 10 percig pihentették, majd gömbölyítették. Végül a kapott két tészta sikérszerkezetét hasonlították össze. Azt tapasztalták, hogy a rövid ideig tartó pihentetést követően a gömbölyített tésztában megváltozott a siker szerkezete. Így a kenyér alaki hányadosa kedvezőbben alakult a pihentetési időnek köszönhetően. Ez az enyhe hatás a siker szerkezetét keményebbé tette, és ennek köszönhetően sokkal homogénebb és sűrűbb szerkezet alakult ki.

3. 3. A tésztaérés hatása a sikérfehérjékre

A tészta érése közben különböző enzimes folyamatok játszódnak le. Ebben az esetben a fehérjebontásnak van legnagyobb szerepe. A proteáz (fehérjebontó enzim) a siker kémiai kötéseit hidrolizálja. Ez a folyamat azért is kedvező, hiszen általa a tészta sikkervázát nyújthatóbbá és gázok által lazíthatóbbá teszik. Természetesen ez a hidrolízis csak egy bizonyos mértékig kívánatos, mert ha ez túl sokáig tart, a sikkerváz elveszíti rugalmasságát és gázvisszatartó képességét. A tésztakészítés alatt az enzimes folyamatokon kívül kolloidális folyamatok is végbemennek. Ha a dagasztásnak vége, a kolloidális folyamatok átalakulnak. Ekkor a kusza fehérjemolekulák viszonylag párhuzamos helyzetet vesznek fel, mely időigényes folyamat, de a tészta ennek hatására egyre nyújthatóbbá és képlékenyebbé válik. A fehérjemolekula láncok képesek lesznek egymás felületén elcsúszni a nyújtás hatására, így elszakadás nélkül képesek együtt maradni. A proteáz nagymértékben befolyásolja a hosszú fehérjeláncok alakulását. A fehérjebontó enzimek a fehérjeláncok oldalágait lehasítják, melyek feloldódnak, ezzel elősegítve az egyszerűsödött fehérjemolekulák gyorsabb rendeződését, a nyújthatóság növekedését. Az érés folyamán ki kell alakulnia a tészta laza szerkezetének. Az előbb említett enzimes és kolloidális folyamatok eredményeként, a sikkerváz nyújtással szembeni ellenállásának ki kell alakulnia, valamint a gázok fő tömegének visszatartását is biztosítani kell (Gasztonyi, 2002b).

3. 4. A sikkérfhérjék változása a tészta sülése során

A sütés hatására a tészta belsejében különböző átalakulások folynak. A legjelentősebb változás 60-80°C-on történik. Ezen a hőmérsékleten a sikkér és a keményítő egyaránt átalakul. A sikkérré duzzadt fehérjék kicsapódnak és megalvadnak. Ennek hatására a koagulált sikkér elveszíti nyújthatóságát, minek következtében megszilárdul, miközben a dagasztás folyamán felvett víz nagy részét leadja. A fehérjék kicsapódásával párhuzamosan a keményítőszemcsék elkezdnek duzzadni (csirizisednek). A felvett víz a sikkérfhérjék vízleadásából és az eddig lekötetlenül lévő vízből adódik. Ezáltal a sülő tésztában a víz újrafelosztása következik be (Gasztonyi, 2002c).

4. A fehérje összetétel és a reológiai tulajdonságok kapcsolata

Minősítési szempontból a liszt reológiai tulajdonságainak vizsgálata nagyon fontos, hiszen meghatározza a sütőipari minőséget, a feldolgozhatóságot. A tészta fizikai tulajdonságai, valamint a búzalisztből készült termékek minősége között szoros összefüggés áll fent. A fehérjeminőség a sikkérfhérje összetevők közötti kölcsönhatások mennyiségét és minőségét határozza meg, melyek a reológiai tulajdonságok kialakításában a legjelentősebbek (Nádosi, 2005).

Wall (1979) rámutatott a sikkérfhérje és a tészta nyújthatóságának kapcsolatára, mely szintén meghatározza azt, hogy a tészta alkalmas-e kenyérfőzésre. Továbbá, a kenyér minősége összefüggésbe hozható a liszt sikkérfhérje összetételével. A tészta reológiai tulajdonságait megszabja a fehérje mennyisége, de a reológiai tulajdonságok akkor is különbözhetnek, ha a fehérje mennyiségét nem változtatják. Így a reológiai tulajdonságok nemcsak a fehérjék mennyiségével, hanem összetételükkel is kapcsolatban vannak.

Pi-Fen és mtsai (2003) hét különböző fehérjetartalmú (~7-17%) búzaliszt farinográfus vizsgálatát végezték el, melynek eredményéből arra következtettek, hogy amelyik minta fehérje tartalma volt a legnagyobb vízfelvevő - képessége is annál nagyobb volt. Ezen minták extenzográfus vizsgálatának eredménye arra mutatott rá, hogy a különböző pihentetési idő, különböző tésztellenállást eredményezett, azaz minél nagyobb volt a fehérjetartalom az egyes lisztok esetében és hosszabb volt a pihentetési idő (45 perc, 90 perc, 135 perc), annál nagyobb volt a maximális tésztellenállás. A nyújthatóság viszont a növekvő pihentetési idő és fehérjetartalom hatására csökkent. Végül a fehérjéket molekulaméret szerint SDS-PAGE módszerrel választották szét, majd vizsgálták a búzafhérjék összetételét és a búzaliszt farinográfus vizsgálati paraméterek közötti összefüggéseket. Megállapították, hogy a magasabb HMW- glutenin, LMW- glutenin és α -, β -, γ - gliadin arányú fehérjék kevésbé alkalmasak mechanikai keverésre és az ellágyulási értékük is alacsonyabb.

A glutenin és GMP (glutenin makro-polimer) részek mennyisége a lisztben növeli a tészta szilárdságát és dagasztási idejét (Weegles és mtsai, 1996).

Pi- Fen és mtsai (2003) az extenzográfus vizsgálatot elvégezve azt tapasztalták, hogy magasabb gliadin tartalom mellett nő a nyújthatóság, de a nyújtással szembeni ellenállás csökken. A kevés HMW- glutenint és ω - gliadint tartalmazó zóna, valamint a csak ω - gliadint tartalmazó zóna ugyanazt a tendenciát követi, miszerint csökken a nyújtással szembeni ellenállás és nő a tészta nyújthatósága. Az albumint/globulint tartalmazó fehérjesáv pozitív összefüggésben van a nyújthatósággal. Ez arra utal, hogy az alacsony molekulatömegű albumin és globulin hozzájárul a jobb nyújthatósághoz.

A fehérje összetételnek és a glutenin/gliadin arányának (a molekulatömeg megoszlás mértéke vagy fehérje mérete) más-más szerepe van a különböző tészták és a kenyérminőség paramétereinek meghatározásában.

- A fehérje összetétel növelésével, állandó glutenin/gliadin arány mellett nőtt a keverés ideje, a mixográf csúcsértékének ellenállása, a nyújthatóság, a nyújtással szembeni ellenállás, valamint a cipótérfogat.

- A glutenin/gliadin arány növelésével, fix fehérje összetétel mellett nőtt a keverés ideje, a nyújtással szembeni ellenállás és a kenyértérfogat.
- A glutenin/gliadin arány növelése csökkentette az ellenállással szembeni romlást és a nyújthatóságot.

Ezek a minőségi különbségek figyelhetők meg a fehérje összetétel és a gliadin/glutenin arány hatásának egymásra helyezésével (Uthayakumaran és mtsai, 1999).

IRODALOM

- Belton P. S. (1999): On the elasticity of wheat gluten. *Journal of Cereal Science* 29. 103–107. p.
- Bietz, J. A. - Wall, T. S. (1980): Identity of high molecular weight gliadin and ethanol-soluble glutenin subunits of wheat: relation to gluten structure. *Cereal Chemistry* 57. 415–421. p.
- Cheftel J. C. - Cug, J. L. - Lorient, D. (1985): Amino acids, peptides, and proteins. In O. R. Fennema (Ed.), *Food chemistry*. 296–298. p. New York: Marcel Dekker, Inc..
- Ewart J. A. D. (1972): A modified hypothesis for the structure and rheology of glutelins. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 23. 687–699. p.
- Finney K. F. & Barmore M. D. (1948): Loaf volume and protein content of hard winter and spring wheats. *Cereal Chemistry* 25. 291–312. p.
- Gan Z. - Ellis P. R. & Schofield, J. D. (1995): Mini review: Gas cell stabilisation and gas retention in wheat bread dough. *Journal of Cereal Science* 21. 215–230. p.
- Gasztonyi K. (2002a): A kenyérkészítés folyamatai I. Sütőiparosok, pékek 49./3. 8-14. p.
- Gasztonyi K. (2002b): A kenyérkészítés folyamatai II. Sütőiparosok, pékek 49./4. 19-27. p.
- Gasztonyi K. (2002c): A kenyérkészítés folyamatai III. Sütőiparosok, pékek 49./5. 8-15. p.
- Gasztonyi K. (2004): Amit a búzalisztek sütőipari értékéről tudni kell.... Sütőiparosok, pékek 51./6. 54-60. p.
- Goesaert H. – Brijs K. – Veraverbeke W. S. – Courtin C. M. – Gebruers K. and Delcour J. A. (2005): Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trend sin Food Science & Technology* 16. 12-30. p.
- Goesaert H. – Slade L. – Levine H. – Delcour J.A. (2009): Amylases and bread firming – an integrated view. *Journal of Science* 50. 345-352. p.
- Györi Z. (1999): Mezőgazdasági termékek tárolása és feldolgozása. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen, 13-20. p.
- Hajósne Novák M. (1999): Genetikai variabilitás a növénynevelésben. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Huebner, F. R. (1977): Wheat flour proteins and their functionality in baking. *Baker's Digest* 51. 25-154. p.
- Khan K. and Nygard G. (2006): Gluten In: Y. H. Hui (Eds.): *Bakrey Products: Science and Technology*. Blackwell Publishing, 97-123. p.
- Khatkar B. S. - Bell A. E. & Schofield, J. D. (1995): The dynamic rheological properties of gluten and gluten sub-fractions from wheats of good and poor bread making quality. *Journal of Cereal Science* 22. 29–44. p.
- Khatkar B. S. (2011): Unit II: Rheology of dough ang gluten, In: Khatkar B. S.: *Rheology and Chemistry of Dough*, Post Graduate Diploma In Bakery Science and Technology, 1-16. p.
- Kieffer R. (2006): The Role of Gluten Elasticity in the Baking Quality of Wheat, In: *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*, L. Popper, W. Schäfer & W. Freund, (Eds.), Verlag Agrimedia, ISBN 978-3-86037-309-5, Clenze, Germany, 169-178. p.
- Kim J. J. – Kieffer R. – Belitz H. D. (1988): Rheologische Eigenschaften von rekonstituierten Weizenklebern mit variierenden Anteilen an Prolaminfraktionen verschiedener Getreidearten. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 186. 16-21. p.
- Láng G. (1976): Szántóföldi növények termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Lásztity R. (1981): Gabonafehérjék. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 11-28. p.
- Lásztity R. (1995): The Chemistry of cereal proteins. CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo, 23-63. p.
- Nádosi M. (2005): Búzaliszt vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Biotechnológiai és Élelmiszertechnológiai Tanszék.
- Osborne T. B. (1907): The proteins of the wheat kernel. Publ. 84. Carnegie Inst., Washington DC.
- Pi-Fen Lin – Shu-Hua Chiang and Chi-Yue Chang (2003): Comparison of rheological properties of dough prepared with different wheat flours. *Journal of Food and Drug Analysis*, Vol. 11, No. 3. 220-225. p.
- Uthayakumaran – Gras P. W. – Stoddard F. L. and Bekes F. (1999): Effect of Varying Protein Content and Glutenin-to-Gliadin Ratio on the Functional Properties of Wheat Dough. *Cereal Chemistry* 76(3). 389-395. p.
- Veraverbeke W. S. & Delcour J. A. (2002): Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42. 179–208. p.
- Wall J. S. (1979): The role of wheat proteins in determinind wheat baking quality. In: Laidman D. L. & Wyn Jonse R. G. W. (Eds.): *Recent advances in the biochemistry of cereals*. Academic Press., New York. 275-311. p.
- Weegles P. L. - Van de Pijpekam A. M. – Graveland A. – Hamer R. J. and Schofield J. D. (1996): Depolymerization and re-polymerization of wheat glutenin during dough processing. I. Relationships between glutenin macropolymer content and quality parameters. *Journal if Cereal Science* 23 (2). 103-111. p.
- Wieser H. – Kieffer R. (2001): Correlations of the amount of gluten protein types to the technological properties of wheat flours determined on a microscale. *Journal of cereal science* 34. 19-27.p.
- Wieser H. – Bushuk W. – MacRitchie F. (2006): The polymeric glutenins. In: Wrigley C. – Bekes F. – Bushuk W. (Eds.): *Gliadin and Glutenin: the unique balance of wheat quality*. St. Paul American Association of Cereal Chemistry. 213-240. p.
- Wieser H. (2007): Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology* 24. 115-119. p.