

UDK: 633.11:612.392

Proteini pšenice sa tehnološkog, nutritivnog i zdravstvenog aspekta

Marijana Simić, Slađana Žilić

Institut za kukuruz „Zemun Polje“,
Laboratorija za prehrambenu tehnologiju
i biohemiju, Slobodana Bajića 1, 11085
Beograd-Zemun, Srbija

Autor za korespondenciju:

Marijana Simić

Institut za kukuruz „Zemun Polje“,
Laboratorija za prehrambenu tehnologiju
i biohemiju, Slobodana Bajića 1, 11085
Beograd – Zemun, Srbija
Tel.: 065370 60 11
E-mail: marijana.simic@mrizp.rs

Kratak sažetak

Pšenica je jedna od najvažnijih biljnih kultura koja se koristi u ishrani ljudi kao glavni izvor energije, proteina i dijetalnih vlakana. Uprkos relativno niskom sadržaju proteina hranljivu vrednost proteina pšenice ne bi trebalo potcenjivati. Kvalitet brašna, reološke i funkcionalne karakteristike testa i pekarskih proizvoda umnogome zavise od proteina pšenice. Proteini pšeničnog zrna pokazuju visoku kompleksnost i različit međusobni stepen interakcije zbog čega je njihova karakterizacija teška. Uprkos njihovom ključnom uticaju na kvalitet testa i tehnološki kvalitet različitih proizvoda, glutenski proteini mogu uticati na zdravlje genetski podložnih osoba.

Ključne reči: pšenica, proteini, gluten, tehnološka svojstva, testo, celijakija

UVOD

Opšte je prihvaćeno da je pšenica prva žitarica koja se gajila kao usev za hranu još od 10000–8000 godine p.n.e. [1]. Značaj pšenice uglavnom se pripisuje njenoj sposobnosti da može biti samlevena u brašno i griz, koji čine osnovne sastojke hleba, drugih pekarskih proizvoda i testenina. Mlevenjem pšenice razdvajaju se anatomski delovi zrna i ono se usitnjava. Postepenom redukcijom zrna pšenice, uz višefazno usitnjavanje i mlevenje dobijaju se čestice različitog promera koje se prosejavaju, a spajanjem različitih pasaža formiraju se tipovi brašna sa različitim udelom endosperma, klice i mekinja. S obzirom na to da sadržaj proteina, ugljenih hidrata, mineralnih materija, vitamina i antioksidativnih fitonutritienata varira između različitih frakcija zrna pšenice [2], nutritivna, tehnološka i funkcionalna svojstva raznih tipova brašna su različite, kao i njihova podobnost za različite prehrambene proizvode.

Pšenično brašno se pretežno sastoji od skroba (70–75%), vode (12–14%), proteina (8–16%) i drugih komponenata kao što su prehrambena vlakna (2–3%), lipidi (2%) i pepeo (1%). Kvalitet pšeničnog brašna zavisi od sadržaja i karakteristika ovih komponenata koje se razlikuju u zavisnosti od sorte pšenice [3]. S obzirom na to da belo pšenično brašno ima nizak sadržaj vitamina, jedinjenja sa antioksidativnim karakteristikama i dijetalnih vlakana koja se gube u procesu mlevenja, poslednjih godina se vrši njegovo obogaćenje različitim prirodnim izvorima ovih jedinjenja čime se može poboljšati nutritivna, ali i funkcionalna vrednost pekarskih proizvoda [4].

PROTEINI PŠENICE

Sadržaj proteina u pšeničnom zrnu se kreće od 8 do 11% u hleboj pšenici i od 10 do 15% u durum pšenici [5] i uslovljen je kako genetičkim tako i faktorima spoljne sredine [6].

Prema Osbornovoj klasifikaciji iz 1924. godine, proteini pšenice se na osnovu rastvorljivosti dele na četiri glavne grupe: albumini (rastvorljivi u vodi i razblaženim puferima), globulini (rastvorljivi u rastvorima soli), glijadini (rastvorljivi u 70–90% etanolu) i glutenini (rastvorljivi u razblaženim kiselinama ili bazama). Molekulska masa pšeničnih proteina kreće se od 30.000 do više od 10 miliona Da [7] i mogu se podeliti na strukturno/metaboličke (neglutenske) i rezervne (glutenske) proteine [8]. Strukturni/metabolički proteini sastoje se od albumina, globulina i amfifilnih proteina. Ne-membranski amfifilni proteini imaju veliki uticaj na strukturno mehaničke karakteristike zrna i reološka svojstva testa [9]. Drugi sistem klasifikacije deli glutenske proteine (prolamine) u tri grupe: sumporom bogate, sumporom siromašne i proteine visoke molekulske mase.

ALBUMINI I GLOBULINI

Albumini i globulini predstavljaju veoma raznovrsnu grupu proteina zbog svojih fizičko-hemijskih svojstava u smislu aminokiselinskog sastava, izoelektrične tačke i molekulske mase. Albumisko-globulinska frakcija proteina zrna pšenice karakteriše se bogatom proteinskom šemom. Broj traka na gelu može da varira od 19 do 23, a molekulska masa izolovanih proteina kreće se

od 12,4 do 76,4 kDa [10]. Nutritivno, albumini i globulini imaju veoma dobar balans aminokiselina. Imaju relativno visok sadržaj triptofana i metionina [11] i sadrže oko 50% ukupne količine lizina koja se nalazi u zrnu [12]. Niskomolekulski albumini posebno su bogati valinom, glutaminskom kiselinom, a zatim cisteinom, alalinom, glicinom, prolinom, asparaginskom kiselinom i leucinom, dok su siromašni izoleucinom, fenilalaninom i histidinom [13]. Sadržaj albumina+globulina u pšeničnom brašnu se kreće oko 25% od ukupnih proteina [14], ali njihov sadržaj se može kretati i do 39% [15]. Polimerni globulini, takozvani triticin, koji čini svega oko 5% od ukupnih skladišnih proteina pšenice smatra se nutritivno važnim jer sadrži jedinstven lizinom-bogat dekapeptidni ponavljajući motiv. S druge strane, ovaj protein ima nizak sadržaj cisteina i metionina, dok prisustvo triptofana nije utvrđeno [13].

GLUTEN

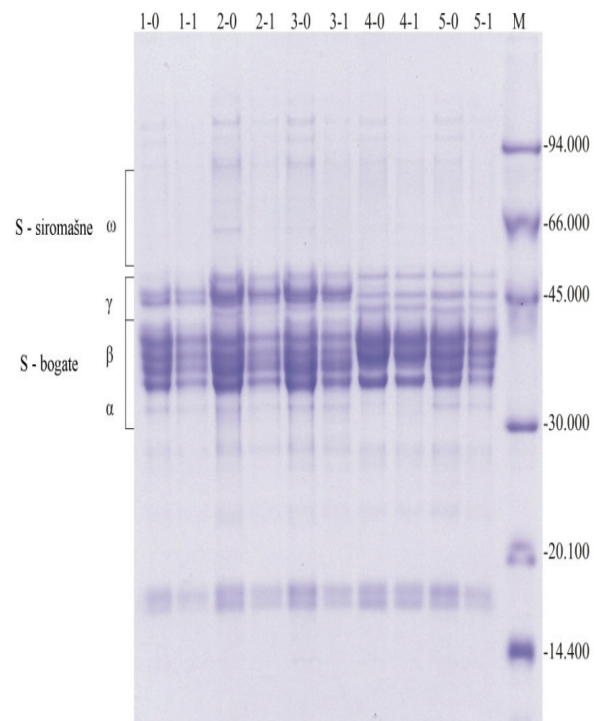
Jedinstvene karakteristike pšenice se zasnivaju na svojstvu rezervnih proteina da formiraju gluten. Njihova unutrašnja viskoelastična svojstva su odgovorna za karakteristike različitih proizvoda od pšenice – hleba, testenina, nudli, keksa, kolača, peciva i drugih [16] i upotrebu proteina pšeničnog glutena u različitim prehrambenim proizvodima [17]. Pored uticaja na tehnološka svojstva pšenice, gluten ima i antioksidativne karakteristike. Tako su istraživanja pokazala da kompleksna struktura proteina glutena uslovljava njihov visok antioksidativni kapacitet [18], dok su u drugim detektovani antioksidativni peptidi u hidrolizatima glutena [19].

Glutenski proteini čine oko 60–75% od ukupnog sadržaja proteina pšeničnog brašna i glavni su rezervni proteini pšenice [15]. Glutenski proteini predstavljaju kompleks sačinjen od prolina (10%), glicina (20%) i glutamina (35%) kao najzastupljenijih aminokiselina koje su odgovorne za karakteristike proteina glutena [20]. U aminokiselinskom sastavu glutena, cisteinski ostaci čine mali udeo (~2%), ali veoma bitan za strukturu i funkcionalnost glutena. Niska rastvorljivost glutena u vodi se pripisuje niskim sadržajem ostataka lizina, arginina, glutaminske i asparaginske kiseline, koji zajedno čine manje od 10% ukupnog broja aminokiselinskih ostataka. Glutenski proteini se na osnovu svoje rastvorljivosti mogu podeliti na glijadine i glutenine [7] a njihov odnos i udeo u pšeničnom zrnu je varijabilan i uslovljen je faktorima spoljne sredine i genetičkom predispozicijom [21].

GLIJADINI

Glijadini su monomerni proteini koji čine od 20% do 40% ukupnih proteina pšeničnog brašna [15]. Glijadini su proteini koji su najiscrpnije ispitivani elektroforezom. Molekulske mase glijadina se kreću od 31,4 do 73,6 kDa [22] i klasifikovani su u četiri grupe α -, β -, γ - i

ω -glijadine na osnovu svojih biohemijskih i genetičkih karakteristika i pokretljivosti na niskim pH vrednostima u poliakrilamid gel elektroforezi [23]. Kasnije studije na aminokiselinskim sekvencama su svrstale α - i β - glijadine u jednu grupu (α/β -). Odnos α/β - i γ -glijadina sa ω -glijadinima utiče na sadržaj aminokiselina sa sumporom, kvalitet proteina, strukturu i funkcionalnost glutena. α/β -glijadini su zastupljenija grupa u odnosu na γ -glijadine i njihov sadržaj se kreće od 47,57% do 59,12%, u brašnu hlebne pšenice [15]. Kako ova grupa glijadina ima velikog uticaja na povećanje volumena hleba [24], genotipovi sa visokim sadržajem α/β -glijadina se mogu koristiti kao poboljšivači u selekcionarskom programu [5]. ω -glijadini (2,70– 6,50% u brašnu hlebne pšenice) imaju visok sadržaj glutamina i prolina, a siromašni su cisteinom, pa nemaju mogućnost disulfidnog umrežavanja već u formaciji polimera tokom procesa formiranja testa učestvuju preko nekovalentnih veza, dok α/β - i γ -glijadini mogu biti inkorporirani u polimer glutena sa međumolekulskim S-S vezama [25]. Stoga se α/β -glijadini i γ -glijadini zovu prolamini bogati sumporom, a ω -glijadini se zovu prolamini siromašni sumporom. ω -glijadini u brašnu hlebne pšenice imaju jedan do dva polipeptida sa molekulskim masama od 65,7–76,2 kDa u zavisnosti od sorte pšenice [5] (Slika 1).

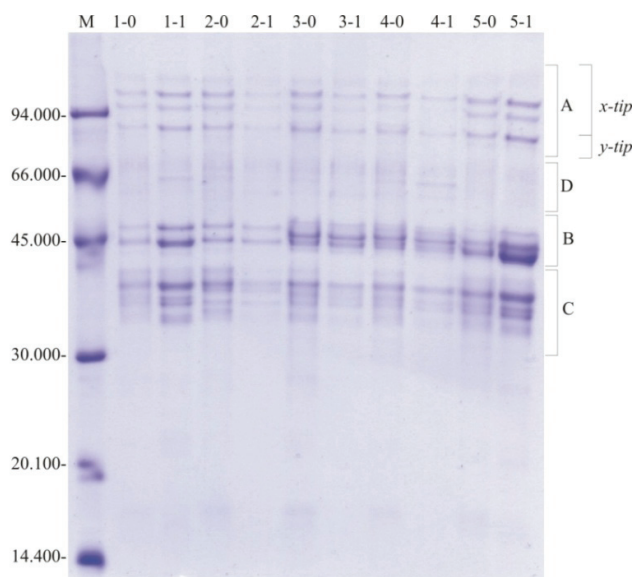


Slika 1. SDS-PAGE analiza glijadinske frakcije proteina brašna hlebne pšenice [15]

GLUTENINI

Glutenini su poznati kao najveći polimeri u prirodi [26]. U pšenici se nalaze dve klase gluteninskih podjedinica, glutenini velikih molekulskih masa (HMW-GS) i glute-

nini malih molekularskih masa (LMW-GS). LMW-GS imaju molekularsku masu od 30–55 kDa i njihovu strukturu čine cisteinski ostaci koji pomažu formiranje glutenskih polimera. Prosečna vrednost ukupne koncentracije LMW-GS je oko 5,6 puta veća od koncentracije HMW-GS [15]. HMW-GS čine 5–10% ukupnih proteina brašna [27] i imaju molekularsku masu od 80–160 kDa [28]. Glutenske podjedinice HMW-GS mogu se klasifikovati na dva tipa: x i y [29]. Njihov procentualni udeo u ukupnom sadržaju glutena se kreće u opsegu od 4–9%, dok je zastupljenost y-tipa podjedinica od 3–4% [7]. Glutenini se takođe dodatno klasifikuju u četiri podgrupe (A, B, C i D) na osnovu elektroforetske mobilnosti na natrijum dodecil sulfat – poliakrilamid gel elektroforezi (SDS-PAGE). Podgrupa A je determinisana kao HMW-GS, a podgrupe B, C i D pripadaju LMW-GS [30]. B i C podgrupe sadrže oko 70% od ukupnih LMW-GS, imaju molekularsku masu 43,5–50,3 kDa odnosno 30,7–41,5 kDa i predstavljaju sumporom bogate podgrupe LMW-GS. D podgrupa ima molekularsku masu od 52,6–74,8 kDa i spada u sumporom siromašnu podgrupu LMW-GS [5] (Slika 2).



Slika 2. SDS-PAGE analiza gluteninske frakcije proteina brašna hlebne pšenice [15]

TEHNOLOŠKA SVOJSTVA BRAŠNA I NJIHOV ODNOS SA PROTEINIMA

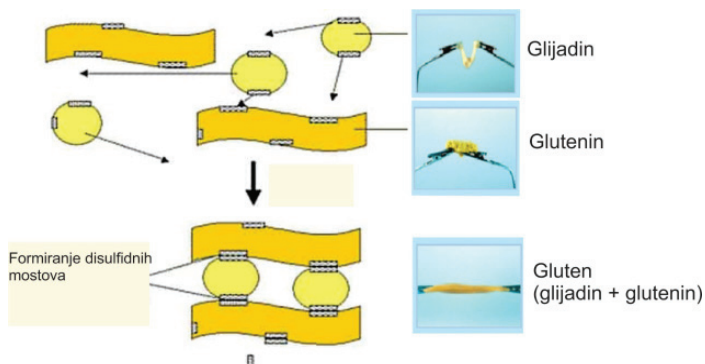
Za pecivost brašna, pravi odnos i interakcija svih komponenata koje čine brašno su od suštinskog značaja [31]. Međutim, kvalitet brašna, reološke i funkcionalne karakteristike testa i pekarskih proizvoda najviše zavise od proteina pšenice. Mešanjem pšeničnog brašna i vode dobija se testo sa viskoelastičnim svojstvima koje je pogodno za izradu hleba i drugih pekarskih proizvoda. Testo spada u jedno od najsloženijih reoloških sistema i predstavlja viskoelastični sistem koji pri protica-

nju ispoljava pseudoplastično i tiksotropno ponašanje [32], a njegovo kompleksno reološko ponašanje je posledica njegove složene strukture.

Neglutenski proteini, albumini i globulini, imaju značajan uticaj na obradu i reološka svojstva pšeničnog brašna [33] uglavnom kao funkcionalni proteini, pa se tako loš kvalitet pšeničnog brašna lako može poboljšati dodatkom različitih enzima, kao što su amilaze i/ili ksilanaze. α -amilaze smanjuju viskozitet testa, poboljšavaju obradu testa, utiču na strukturu sredine hleba i dobijanje mekše i veće vekne hleba. Sa druge strane visok sadržaj α -amilaze u pšeničnom brašnu nije poželjan i takva brašna se ne mogu koristiti u procesu pripreme hleba. Enzimi kao što su izoenzimi lipoksigenaze smanjuju vreme mešanja testa, mogu davati ukus „nalik orahu“ u nekim sistemima [34] i povećavaju toleranciju testa na mešanje i vreme odmaranja testa, što uslovljava poboljšanje volumena vekne hleba [35]. Aktivnost enzima pentozanaza poboljšava elastičnost glutena i finalni kvalitet hleba stvarajući promene u reološkim karakteristikama i/ili distribuciji vode [36].

Glijadini se mogu udruživati međusobno ili sa gluteninima posredstvom hidrofobnih interakcija i vodoničnih veza [37], pa je vrlo teško tumačiti zasebne efekte glijadina na kvalitet testa. Hidratirani glijadini imaju manju elastičnost i manje su kohezivni od glutenina. Dodavanjem glijadinskih frakcija pšeničnom brašnu bitno se smanjuje maksimalan otpor, a povećava rastegljivost testa [38], što je i očekivano imajući u vidu njihovu viskoznu prirodu. Iako glijadini generalno utiču na volumen hleba, uloga pojedinačnih glijadina još uvek nije dobro shvaćena [39]. Međutim, istraživanja su pokazala da γ -glijadini smanjuju vreme mešanja testa i maksimalni otpor pri rastezanju, a ω -glijadini najviše utiču na smanjenje volumena vekne [40] (Slika 3).

Glutenini visokih molekularskih masa čine testo elastičnim i omogućavaju mu da zadrži mehuriće gasa koje stvara kvasac i da raste. Ovo je veoma važno za kvalitet finalnog proizvoda [42], s obzirom na to da svojstvo zadržavanja gasa određuje zapreminu vekne i strukturu pora dobijenog hleba [43]. Utvrđeno je i da je uticaj x-tipa HMW-GS na pecivost znatno veći od y-tipa HMW-GS. LMW-GS koji formiraju velike agregate



Slika 3. Modifikovana slika viskoelastičnih svojstva rehidratiranog glutena, glijadina i glutenina [41]

utiču na jačinu testa, ali je jačina i otpor koji obezbeđuju LMW-GS upola manja od one koju obezbeđuju HMW-GS [44]. Suprotno tome, u drugim istraživanjima je pronađena veza između LMW-GS i rastegljivosti testa i slaba korelacija između ovih proteina sa drugim svojstvima testa [45]. Dostupni podaci takođe ukazuju da je specifičan način disulfidnog umrežavanja između LMW-GS i HMW-GS u glutenu daleko važniji za pecivost od količine ovog proteina [13].

ZDRAVSTVENI EFEKAT

Uprkos njihovom ključnom uticaju na kvalitet testa i tehnološki kvalitet različitih proizvoda, glutenski proteini mogu uticati na zdravlje genetski podložnih osoba. Visok sadržaj prolina čini gluten otpornim na degradaciju gastrointestinalnim enzimima i tako omogućava da veliki imunogeni peptidi glutena dopru do površine sluznice tankog creva i uzrokuju razvoj upalne reakcije [46]. Gluten može izazvati nekoliko različitih poremećaja: celijakiju, alergiju na brašno i osetljivost na gluten, a za nastanak ovih poremećaja odgovorni su različiti patomehanizmi [47]. U okviru različitih epitopa glutena koje su identifikovane, α -glijadini imaju najveću imunogenost [48].

Celijakija ili gluten senzitivna enteropatija je hronična autoimuna bolest koju karakteriše doživotna nepodnošljivost glutena. Unosom hrane koja sadrži gluten dolazi do oštećenja sluznice tankog creva, koja gubi resičast izgled i postaje zaravnjena, dok broj tkivnih limfocita i epitelnih ćelija raste. Zadebljana sluznica ima smanjenu moć apsorpcije što uzrokuje malapsorpciju hranjivih materija, minerala i vitamina [49]. Poremećeni imunološki odgovor koji nastaje prilikom unosa glutena u organizam osoba s genetskom predispozicijom trajan je i ne može se izlečiti privremenim izostavljanjem glutena iz ishrane. Iako se smatra da je genetska predispozicija najodgovornija za razvoj celijakije, poznato je da je celijakija snažno povezana sa specifičnim humanim leukocitnim genom HLA DQ2 i HLA DQ8 [47].

Alergija na brašno pripada grupi alergija na hranu koje su rezultat pogrešnog imunološkog odgovora na antigen unesen oralnim putem. Glavnu ulogu igraju antitela imunoglobulina E (IgE) koja učestvuju u patogenezi ove bolesti. Alergija na brašno može se manifestovati širokom lepezom simptoma kao što su urtikarija/angioedem, anafilaksija, atopijski dermatitis, respiratorni simptomi ili probavni poremećaji [50].

Osetljivost na gluten je poremećaj koga karakterišu simptomi nepodnošenja glutena, ali su testovi na alergiju negativni pa nema atrofije sluznice tankog creva i specifičnih antitela u krvi za dijagnostikovanje celijakije.

ZAKLJUČAK

Poznavanjem sastava i strukture proteina pšenice i uspostavljanjem veze sa tehnološkim svojstvima brašna omogućava se primena adekvatnog tehnološkog postupka proizvodnje pekarskih proizvoda i uticaj na njihove senzorne karakteristike, kao i izmena imunogene sekvence glutena kako bi se izbegla reakcija imunog sistema kod genetski podložnih osoba i omogućila priprema prihvatljive i zdravstveno bezbedne hrane.

LITERATURA

1. Feldman M. Origin of cultivated wheat. In: Bonjean AP, Angus WJ, eds. *The world wheat book: a history of wheat breeding*. Lavoisier Publishing, Paris, France; 2001;3–56.
2. Liyana-Pathirana CM, Shahidi F. Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. *J Agrif Food Chem* 2006; 54:1256–64.
3. Morita N, Maeda T, Miyazaki M, Yamamori M, Miura H, Ohtsuka I. Dough and baking properties of high-amylose and waxy wheat flours. *Cereal Chem* 2002; 79:491–5.
4. Simić M, Žilić S, Šimurina O, Filipčev B, Škrobot D, Vančetočić J. Effects of anthocyanin-rich popping maize flour on the phenolic profile and the antioxidant capacity of mix-bread and its physical and sensory properties. *Pol J Food Nutr Sci* 2018; 68(4):299–308.
5. Janković M, Barać M, Pešić M, Dodig D, Kandić V, Žilić S. The polypeptide composition, structural properties and antioxidant capacity of gluten proteins of diverse bread and durum wheat varieties, and their relationship to the rheological performance of dough. *Int J Food Sci Technol* 2015; 50:2236–45.
6. Hadži-Tašković Šukalović V, Dodig D, Žilić S, Basić Z, Kandić V, Delić N, Miritescu M. Genotypic and environmental variation of bread and durum wheat proteins and antioxidant compounds. *Roman Agric Res* 2013; 30:1–10.
7. Wieser H. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol* 2007; 24:115–9.
8. Shewry PR. *Wheat gluten proteins. Wheat Gluten Protein Analysis*. St Paul, Minnesota; 2003; 1–17.
9. Dubreil L, Meliande S, Chiron H, Compoin JP, Quillien L, Branlard G, Marion D. Effect of puroindolines on the bread-making properties of wheat flour. *Cereal Chem* 1998; 75:22–9.
10. Žilić S, Barać M, Pešić M, Hadži-Tašković Šukalović V, Dodig D, Mladenović Drinić S i sar. Genetic variability of albumin-globulin content, and lipoxygenase, peroxidase activities among bread and durum wheat genotypes. *Genetika* 2011; 43:503–16.
11. Pomeranz Y. Relation between chemical composition and bread-making potentialities of wheat flour. *Adv Food Res* 1968; 16:335–455.
12. Fra-Mon P, Salcedo G, Aragoncillo C, Garcia-Olmedo F. Chromosomal assignment of genes controlling salt soluble proteins (albumins and globulins) in wheat and related species. *Theor Appl Genet* 1984; 69:167–72.
13. MacRitchie F. Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. *Adv Food Nutr Res* 1992; 36:1–87.
14. Belderok B, Mesdag J, Donner DA. *Bread-Making Quality of Wheat: A Century of Breeding in Europe*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands; 2000.

15. Janković M. Proteinski profili pšenice i njihov uticaj na tehnološka svojstva brašna. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet; 2016.
16. Day L, Augustin MA, Batey IL, Wrigley CW. Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends Food Sci Technol* 2006; 17:82–90.
17. Delcour JA, Joye IJ, Pareyt B, Wilderjans E, Brijs K, Lagrain B. Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products. *Annu Rev Food Sci* 2012; 3:469–92.
18. Žilić S, Akililoğlu G, Serpen A, Barać M, Gökmen V. Effects of isolation, enzymatic hydrolysis, heating, hydration and Maillard reaction on the antioxidant capacity of cereal and legume proteins. *Food Res Int* 2012; 49:1–6.
19. Wang J, Zhao M, Zhao Q, Jiang Y. Antioxidant properties of papain hydrolysates of wheat gluten in different oxidation systems. *Food Chemistry* 2007; 101:1658–63.
20. Pommet M, Redl A, Guilbert S, Morel MH. Intrinsic influence of various plasticizers on functional properties and reactivity of wheat gluten thermoplastic materials. *J Cereal Sci* 2005; 42:81–91.
21. Shewry PR, Tatham AS, Fido R, Jones H, Bercelo P, Lazzeri PA. Improving the end use properties of wheat by manipulating the grain protein composition. *Wheat in Global Environment*. In: Proc. 6th Int. Wheat Conf., Budapest, Hungary 2000.
22. Žilić S, Barać M, Pešić M, Dodig D, Ignjatović-Mičić D. Characterization of proteins from grain of different bread and durum wheat genotypes. *Int J Mol Sci* 2011; 12(9):5878–94.
23. Shewry PR, Tatham AS, Forde J, Kreis M, Mifflin BJ. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. *J Cereal Sci* 1986; 4:97–106.
24. Khatkar BS, Fido RJ, Tatham S, Schofield JD. Functional properties of wheat gliadins: II. Effects on dynamic rheological properties of wheat gluten. *J Cereal Sci* 2002; 35:3077–313.
25. Johansson E, Malik AH, Hussain A, Rasheed F, Newson WR, Plivelic T i sar. Wheat gluten polymer structures: the impact of genotype, environment, and processing on their functionality in various applications. *Cereal Chem* 2013; 90:367–76.
26. Shewry PR, Halford NG. Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *J Exp Bot* 2002; 53:947–58.
27. Payne PI. Varietal improvement in bread making quality of wheat: contributions from biochemistry and genetics and future prospects from molecular biology B CPO Mono. *Biotech crop improv* 1986; 34: 69–81.
28. Payne PI, Law CN, Mudd EE. Control of homologous group 1 chromosomes of the high-molecular-weight subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm. *Theor Appl Genet* 1980; 58:113–20.
29. Shewry PR, Halford NG, Tatham AS. High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J Cereal Sci* 1992; 15:105–20.
30. Wang YG, Khan K, Hareland G, Nygard G. Quantitative Glutenin Composition from Gel Electrophoresis of Flour Mill Streams and Relationship to Breadmaking Quality. *Cereal Chem* 2006; 83:293–9.
31. Kuktaite, R. Protein quality in wheat: changes in protein polymer composition during grain development and dough processing. In Crop Science Department. Alnarp: Swedish University of Agricultural Science; 2004.
32. Weipert D. The Benefits of Basic Rheometry in Studying Dough Rheology. *Cereal Chem* 1990; 67:311–7.
33. Hill K, Horváth-Szanics E, Hajós Gy, Kiss E. Surface and interfacial properties of water-soluble wheat proteins. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp* 2008; 319:180–7.
34. Linko YY, Javanainen P, Linko S. Biotechnology of bread baking. *Trends Food Sci Technol* 1997; 8:339–44.
35. Permyakova MD, Trufanov VA. Effect of soybean lipoxigenase on baking properties of wheat flour. *Appl Biochem Micro* 2011; 47:315–20.
36. Soupe J. New trends in applications of industrial enzymes in the food industry. In: 75th Anniversary of IQS. Barcelona: Instituto Quimico Sarriá 1995.
37. Veraverbeke WS, Delcour JA. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to bread making functionality. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2002; 42:179–208.
38. Schropp P, Wieser H. Effects of high molecular weight subunits of glutenin on the rheological properties of wheat gluten. *Cereal Chem* 1996; 73:410–3.
39. Fido RJ, Bekes F, Gras PW, Tatham AS. Effects of α -, β -, γ - and ω -gliadins on the dough mixing properties of wheat flour. *J Cereal Sci* 1997; 26:271–7.
40. Uthayakumaran S, Tömösközi S, Tatham A, Bekes F. Effects of gliadin fractions on functional properties of wheat dough depending on molecular size and hydrophobicity. *Cereal Chem* 2001; 78:138–41.
41. Weipert D. Fundamentals of rheology and spectrometry. In: L. Popper, W. Schafer, W. Freund (Eds.), *Future of flour a compendium of flour improvement*. Clenze: Agrimedia, Germany, 2006; 117–46.
42. Cornish GB, Bekes F, Eagles HA, Payne PI. Gliadin and glutenin—the unique balance of wheat quality. *AACC International*, St. Paul, MN, USA, 2006; 243–80.
43. Gan Z, Ellis PR, Schofield JD. Gas Cell Stabilisation and Gas Retention in Wheat Bread Dough. *J Cereal Sci* 1995; 21:215–30.
44. Wieser H, Kieffer R. Correlations of the amount of gluten protein types to the technological properties of wheat flours determined on a microscale. *J Cereal Sci* 2001; 34:19–27.
45. Andrews JL, Skerritt JH. Wheat dough extensibility screening using a two-site enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with antibodies to low molecular weight glutenin subunits. *Cereal Chem* 1996; 73:650–7.
46. Shan L, Qiao SW, Arentz-Hansen H, Molberg O, Gray GM, Sollid LM i sar. Identification and analysis of multivalent proteolytically resistant peptides from gluten: implications for celiac sprue. *J Proteome Res* 2005; 4:1732–41.
47. Sapone A, Bai JC, Ciacci C, Dolinsek J, HR Green P, Hadji-vassiliou M i sar. Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Med* 2012; 10:13.
48. Camarca A, Anderson RP, Mamone G, Fierro O, Facchiano A, Costantini S i sar. Intestinal T cell responses to gluten peptides are largely heterogeneous: implications for a peptide-based therapy in celiac disease. *J Immunol* 2009; 182:4158–66.
49. Catassi C, Ratsch IM, Faniani E, Rossini M, Bordicchia F, Candela F i sar. Coeliac disease in the year 2000: exploring the iceberg. *Lancet* 1994; 343:200–3.
50. Inomata N. Wheat allergy. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2009; 9(3):238–43.

THE TECHNOLOGICAL, NUTRITIONAL AND MEDICAL ASPECTS OF WHEAT PROTEINS

Marijana Simić , Slađana Žilić

Maize Research Institute Zemun Polje,
Laboratory of Food Technology and
Biochemistry, Slobodana Bajića 1, Belgrade,
Serbia

Tel.: + 381 (0)65 370 60 11
E-mail: marijana.simic@mrizp.rs

Abstract

Wheat is one of the most important cereal crops worldwide and it is a major source of energy, protein, and dietary fibre in human nutrition. Despite its relatively low protein content the nutritional importance of wheat proteins should not be underestimated. Wheat flour quality, rheological and technological properties of dough and bakery products are largely determined by the proteins. Wheat proteins show high complexity and different interactions with each other, thus making them difficult to characterise. Despite from their key role in dough quality, gluten proteins can affect health in genetically susceptible individuals.

Key words: *wheat, proteins, gluten, technological properties, dough, coeliac disease*