

Standardizovani postupak probnog pečenja i instrumentalne ocene parametara pecivosti

TEHNIČKO REŠENJE

Autori:

Jasna Mastilović¹, Aleksandra Torbica¹, Žarko Kevrešan¹, Milica Pojić¹, Dragan Živančev¹, Miroslav Hadnađev¹, Tamara Dapčević Hadnađev¹, Elizabet Janić Hajnal¹, Jelena Tomić¹, Slađana Rakita¹, Milan Vukić²

¹Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije

²Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik

Oblast tehnike na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje se odnosi na oblast tehnologije žita i brašna, odnosno užu oblast ispitivanja svojstava kvaliteta žita, odnosno uže postupak laboratorijskog probnog pečenja hleba od pšeničnog brašna.

Tehnički problem

Metoda probnog pečenja, kao jedini način da se direktno izvrši ocenu pecivnih svojstava pšeničnog brašna nije u svetskim razmerama na jedinstven način standardizovan. Većina naučnih radnika koji se bave problematikom probnog pečenja se slažu da standardizovanje jednog univerzalnog postupka

probnog pečenja nije opravdano, ni moguće, već je svaki postupak upravljana na određenu svrhu ili cilj i prilagođena specifičnostima proizvodnje hleba na području gde je predviđeno njegovo korišćenje (1,2,3,4,5,6).

Probno pečenje hleba se sprovodi sa ciljem da se na direktan način sagledaju razlike u pecivosti uzorka pšenice i drugih žita, odnosno pšeničnog i drugih brašna. Ocena hleba dobijenog probnim pečenjem obuhvata dobijanje čitavog niza parametara koji ukazuju na fizičke osobine proizvedenog hleba i svojstva njegove kore, odnosno sredine. Najveći broj parametara koje podrazumeva ocena hleba dobijenog probnim pečenjem se dobija senzornom ocenom koja, da bi bila naučno korektno urađena zahteva tim treniranih ocenjivača što posao ocene čini vremenski zahtevnim i finansijski neprihvatljivim. Pored toga široka mogućnost definisanja postupka senzorne ocene rezultate dobijene u različitim istraživanjima čini međusobno neuporedivim.

Pored toga najčešće posmatrana fizička osobina hleba – njegova zapremina, podrazumeva fizički zahtevan postupak ili posedovanje odgovarajuće aparature s obzirom da se radi o proizvodu nepravilnog oblika.

Objektivizirani integrisani instrumentalno-matematički postupak ocene hleba za potrebe probnog pečenja integriše niz postupaka sa precizno definisanim načinom izvođenja koji omogućuju dobijanje kompletne slike o svim aspektima kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem egzaktnim postupcima koji omogućuju poređenje rezultata dobijenih različitim istraživanjima.

Stanje tehnike

Veliki nedostatak većine postupaka probnog pečenja koje se primenjuju u praksi komercijalnog ispitivanja pšenice ili istraživanjima svojstava kvaliteta pšenice jeste što nisu u potpunosti standardizovani već se deo parametara postupka probnog pečenja kao što su, najčešće, konzistencija testa i trajanje završne fermentacije u toku realizacije metode definišu od strane izvršioca što u rezultate unosi veliku dozu subjektivnosti i rezultira velikom mernom nesigurnošću koju nije moguće realno proceniti. Dodatno operacije koje zahtevaju ručni rad, kao što je oblikovanje testa, takođe utiču na rezultate ostvarene primenom postojećih i do sada primenjivanih postupaka probnog pečenja (7).

Kada je u pitanju ocena pecivosti sorti pšenice, ocena pecivosti pšenice proizvedene uz primenu različitih agrotehničkih mera ili u uslovima različitih mikroklimatskih uslova, ili pak upoređenje pecivnih karakteristika brašna dobijenih od posmatranih partija pšenice ili primenom određenog postupka mlevenja, što je predmet mnogih istraživačkih aktivnosti, sastavni deo ispitivanja sorti pšenice za potrebe priznavanja ili eksploatacije kao i neizbežan deo procene kvaliteta godišnjeg roda pšenice, primena standardnog, objektiviziranog postupka probnog pečenja je neizbežan preduslov omogućavanja uporedivosti rezultata dobijenih od strane različitih istraživačkih timova ili pekarskih pilot postrojenja.

S druge strane, potpuna standardizacija parametara postupka vrlo često rezultira lošijim rezultatima kod pšenice, odnosno brašna kod kog su postavljeni parametri dalje od optimalnih u odnosu na svojstva brašna.

Definisanje standardizovanog postupka probnog pečenja koji će minimalno biti podložan uticaju operatera i njegovog iskustva, ali koji će istovremeno omogućiti adekvatno diferenciranje ispitivanih uzoraka po kvalitetu predstavlja izazov za koji brojni istraživači godinama pokušavaju da iznađu pravo rešenje (7,8,9).

U brojnim istraživanjima koja uključuju primenu postupka probnog pečenja koriste se različite instrumentalne metode ocene kvaliteta hleba. Pri tome autori definišu parametre ocene u značajnom broju slučajeva na bazi svojih ili literaturnih iskustava, uz unošenje sopstvenih modifikacija te su rezultati međusobno teško uporedivi.

Instrumentalne metode se koriste za ocenu različitih aspekata kvaliteta hleba kao što su boja kore i sredine (10,11,12,13,14,15,16,17,18,19), teksturna svojstva sredine (10,11,12,14,15,17,18,20), struktura sredine (10,16,19) i drugo.

S druge strane, brojni su radovi u kojima su rezultati ocene hleba dobijeni primenom senzornih metoda sa različitim pristupom izvođenju, metodologiji i parametrima koji se ocenjuju (11,12,18).

Izlaganje suštine tehničkog rešenja

Postupak probnog pečenja koja je prikazan ovim tehničkim rešenjem razvijen je na bazi višegodnišnjih ispitivanja vršenih na brašnima širokog opsega svih aspekata kvaliteta. Postupak je koncipiran tako da su:

- Potpuno definisani svi parametri postupka izvođenja probnog pečenja
- Minimiziran uticaj ručnog rada
- Omogućena maksimalna ekspresija pecivnog potencijala pšenice, odnosno brašna bez obzira na kombinaciju parametara kvaliteta brašna koje se analizira
- Potrebna količina brašna smanjena na minimalno potrebnu da se dobije adekvatna veličina hlepečića sa aspekta ocene parametara kvaliteta hleba i reprezentativan broj ponavljanja

Sumiranjem i komparacijom rezultata ocene hleba uz primenu različitih pristupa, ali i logičkom analizom uticaja toka postupka probnog pečenja na osobine hleba dobijen je sumarni pregled svih aspekata kvaliteta koji su posmatrani ili se mogu smatrati relevantnim, a koji čine sledeće grupe pokazatelja:

1. Pokazatelji koji ukazuju na randmane/ i gubitke proizvoda (prinos testa, prinos hleba, gubitak mase tokom pečenja, hlađenja i stajanja)
2. Pokazatelji koji ukazuju na dimenzije i oblik proizvoda (visina testa, visina, prečnik, obim i druge dimenzije testa, zapremina hleba)
3. Pokazatelji koji ukazuju na vizuelna svojstva kore (boja, debljina, sjaj kore)
4. Pokazatelji koji ukazuju na vizuelna svojstva sredine (boja sredine, struktura pora, struktura zidova pora, veličina pora, oblik pora)
5. Pokazatelji koji ukazuju na teksturna svojstva sredine (stišljivost, elastičnost, mrvljivost)

U procesu standardizacije postupka ocene hleba dobijenog probnim pečenjem su na osnovu teorijskih znanja, analize literaturnih podataka i sopstvenih iskustava istraživačkog tima odabrane i definisane instrumentalne i matematičke metode koje omogućuju da se njihovom ekzaktnom primenom na jednostavan i robustan način, sa velikom ponovljivošću, reproduktivnošću i preciznošću odrede vrednosti koje na objektivan način parametrizuju sve navedene osobine kvaliteta hleba dobijenog probnim pečenjem.

Objektivizirana metode ocene hleba dobijenog probnim pečenjem sastoji se iz dva koraka:

- I Metodološki dosledno registrovanje merenih podataka
- II Proračun, prikazivanje i tumačenje rezultata ispitivanja

Detaljan opis tehničkog rešenja

I Probno pečenje

Priprema sirovina

Za izvođenje probnog pečenja potrebno je:

- 300 g brašna temperiranog na $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$
- 6 g kuhinjske soli
- 6 g svežeg pekarskog kvasca
- Voda temperature $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ u količini koja se izračunava prema sledećoj formuli:

$$\text{Količina vode za zames(\%)} = 300 \times (\text{MUV}_f + (\text{K}_{15} - 400) \times 0,02861 - 1,4) / 100$$

gde je:

- MUV_f – farinografska moć upijanja vode %
- K_{15} – konzistencija testa na farinogramu 15 minuta nakon zamesa

Preračunata količina vode rezultira konzistencijom testa od 400 FJ. U proračun je uneta korekcija za konzistenciju koja prema Tiborovoj tablici iznosi 0,02861 % po jednoj farinografskoj jedinici i korekcija za vodu koja se unosi dodatkom kvasca koja za unetu količinu kvasca iznosi 1,4 %.

Zames testa

Testo se mesi sporohodnom mesilicom koja ima broj obrtaja u rasponu 50 do 125 obrtaja ručice u minutu. Trajanje mešenja se podešava tako da ukupan broj obrtaja mesilice upotrebljen za zames testa bude 500 obrtaja, što znači da u zavisnosti od brzine mesilice zames treba da traje od 4 do 10 minuta.

Fermentacija testa u masi

Zamešeno testo se ručno prebacuje u plastičnu posudu i ostavi da u masi fermentiše 120 min u termostatu na temperaturi od 30°C uz ručno premesivanje nakon 60 i 90 minuta. Ručno premesivanje se obavlja primenom 15 pokreta rukom kojima se testo pritiska i prevrće tako da se istisnu razvijeni gasovi bez kidanja testa.

Deljenje i oblikovanje testa

Testo se deli tako što se makazama ili nožem seku komadi mase $150 \pm 0,3$ g koji se mere na tehničkoj vagi. Testo se deli na tri komada koji se formiraju tako da odmereni komad testa bude sačinjen od jednog komada testa koji nije sečen (odmerava se veći komad testa i tačna masa se ostvaruje odsecanjem, a ne dodavanjem komadića testa).

Komadići testa se okruglo oblikuju ručnim formiranjem loptice testa tako što se komad testa dlanom nagnutim u odnosu na radnu površinu pod uglom od 45° uz blagi pritisak valja po radnoj površini u pravcu od sebe u dužini od 20 cm 10 puta.

Oblikovani komadi testa se stavljaju u metalne kalupe oblika zarubljene piramide dimenzija:

- gornji pravougaoni otvor 9,5 x 7,5 cm;
- pravougaono dno 7,5 x 5,5 cm
- visina 5,5 cm

Testo se u kalup stavlja tako da deo koji je valjan po radnoj površini i ima glatku površinu dođe gore.

Završna fermentacija

Završna fermentacija traje 70 minuta pri temperaturi od $30\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ i relativnoj vlazi od najmanje 75%.

Pečenje

Hleb se peče 17 minuta u peći sa kondukcionim prenosom toplote na temperaturi od $220\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Hlađenje i čuvanje hleba do ocene

Nakon pečenja hleb se vadi iz kalupa, hladi se 1h na sobnim uslovima i čuva u klima komori 23 h pri kontrolisanim uslovima temperature od $22\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ i relativne vlažnosti od $75\pm 5\%$.

II Registrovanje merenih podataka

Registrovanje merenih podataka se obavlja na način i po redosledu i na način kako je prikazano u nastavku.

Merenje dimenzija

Dimenzije se mere pomoću priručnog uređaja koji se sastoji od lenjira sa kliznim graničnikom prikazanim na slici:

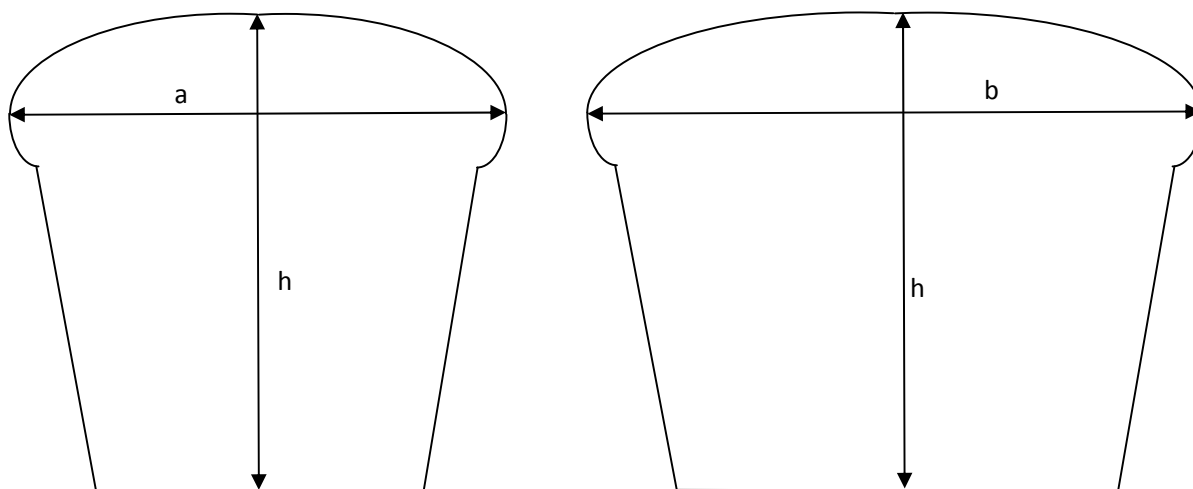
Tokom probnog pečenja i ocene hleba mere se sledeće dimenzije testa, odnosno hlepčića:

- Visina testa u kalupu pre ubacivanja u peć (h_t)



- Visina hleba u kalupu neposredno nakon vađenja hleba iz peći (h_h)
- Visina preseka hleba u centralnom delu 24 h nakon pečenja (h)
- Maksimalni poprečni prečnik kalote hleba 24 h nakon pečenja (a)
- Maksimalni uzdužni prečnik kalote hleba 24 h nakon pečenja (b)

Dimenzije koje se mere su date na sledećoj shemi:



Merenje mase

Mase se mere na tehničkoj vagi preciznosti $\pm 0,1$ g. Regstruju se podaci za sledeće mase:

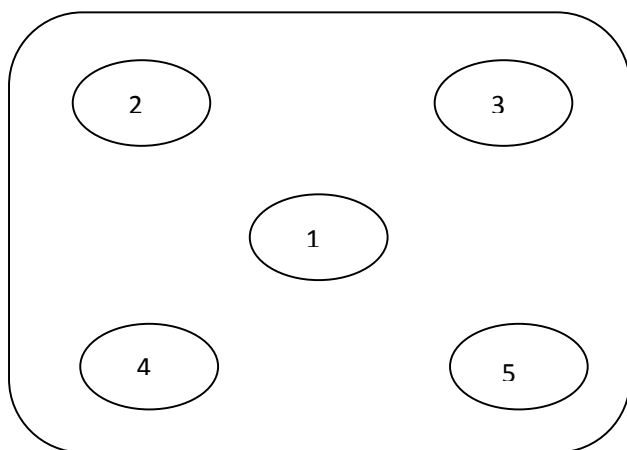
- Masa vode upotrebljene za zames (m_w)
- Masa kalupa (m_k)
- Masa kalupa sa testom pre fermentacije (m_f)
- Masa kalupa sa testom pre ubacivanja u peć (m_p)
- Masa kalupa sa hlepčićem neposredno nakon pečenja (m_o)
- Masa hlepčića 1 h nakon pečenja (m_1)
- Masa hlepčića 24 nakon pečenja na temperaturi od $22 \pm 0,5^\circ\text{C}$ i relativnoj vlažnosti od $75 \pm 5\%$ (m_{24}).

Merenje boje kore

Boja gornje površine kore hleba određuje se hromametrom (MINOLTA, *Chroma Meter CR-400, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan*) sa D-65 osvetljenjem, 2° standardnim uglom posmatranja i 8 mm otvorom u glavi merenja. Sa instrumenta se očitavaju svetloća (L^*), odnos intenziteta crvene ($+a^*$) / zelene boje ($-a^*$)

i odnos intenziteta žute(+b*)/plave boje (-b*), prema CIE L*a*b* sistemu (CIE, 1976). Hromametar se kalibriše pomoću bele kalibracione pločice. Merenje se obavlja 1h nakon pečenja, pre nego što se hleb stavi u klima komoru na odležavanje.

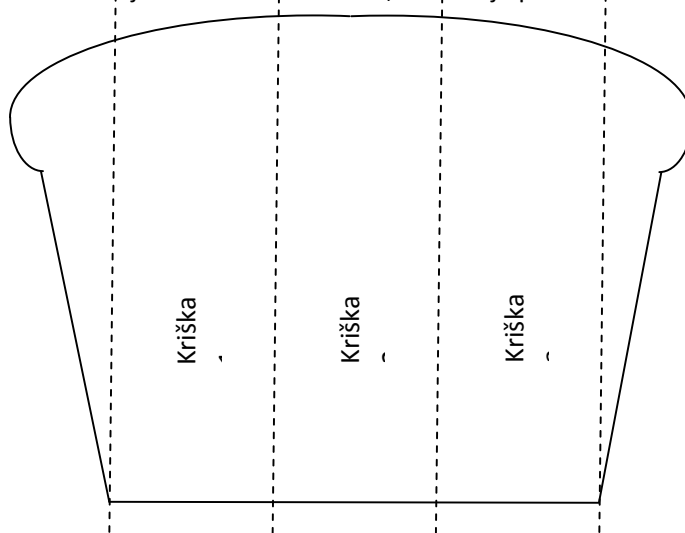
Na svakom od tri dobijena hlepčića radi se pet merenja redosledom i rasporedom prikazanim na shemi:



Podaci mogu da se očitaju sa mernog instrumenta ili da se direktno prebace u MS excell sa instrumenta pri čemu je važno voditi evidenciju o redosledu merenja koji je bitan za izračunavanje i tumačenje rezultata.

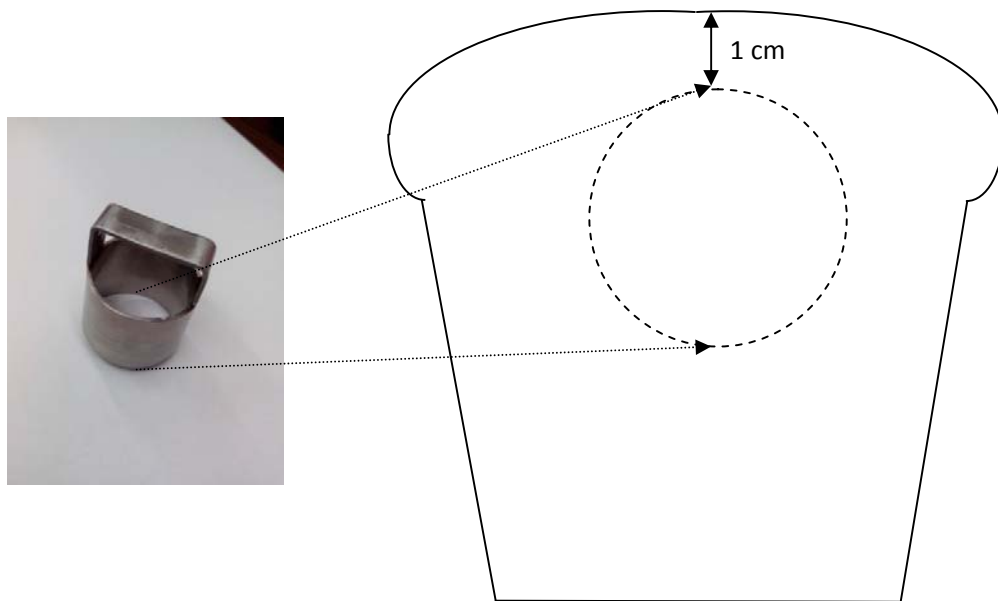
Sečenje hleba

Hlepčići dobijeni probnim pečenjem se seku 24 h nakon pečenja pomoću zupčastog rotirajućeg uređaja za sečenje sa mogućnošću podešavanja debljine kriške na pet kriški po dužini, pri čemu se dobijaju od svakog hlepčića po tri kriške debljine 25 mm za analizu, kao što je prikazano na shemi:



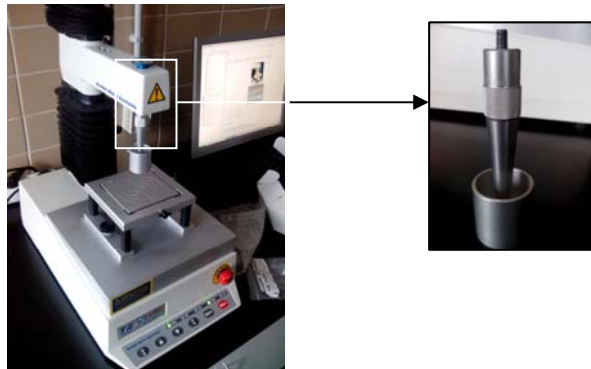
Analiza teksturnih svojstava

Tekstura sredine hleba određuje se pomoću *Texture Analyzer TA–XT2i (Stable Microsystems, Surrey, UK)* i *Texture Expert software* aluminijumskim valjkom za kompresiju SMS P/75. Od svakog hlepčića merenje se radi na kriški 1 (bliže bočnom delu) i na kriški 2 (iz centralnog dela hleba). Za potrebe merenja teksturnih svojstava se iz centralnog dela kriške vadi komad prečnika 35 mm pomoću metalne modle na način prikazan na sledećoj shemi:



Formirani komadi sredine hleba se stavljaju u zatvorenu posudu da bi se izbegao gubitak vlage i uticaj okruženja na teksturna svojstva. Iz istih razloga teksturna svojstva se mere u vremenu od najviše 30 minuta nakon formiranja komada hleba.

Za merenje se koristi uređaj TA.XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, England, UK), sa mernom čelikom od 30 kg. Uzorak se sabija pristiskom pomoću radnog elementa do 75% od njegove originalne visine, metodom dvostrukog sabijanja *Texture Profile Analysis (TPA)*, pri brzini sabijanja aluminijumskog valjka od 1 mm/s i pauzom od 5 s između dve kompresije.



Svi paramteri instrumentalnog merenja se preuzimaju iz softverskog paketa uređaja (GRP1_P2; TPA.PRJ; Texture Exponent Software TEE32, version 6.0, Stable Micro Systems, England, UK). Dobijeni grafikon i baza merenih podataka se čuvaju za dalju obradu rezultata.

Prilikom merenja važno je voditi računa da se identifikuje koja su merenja dobijena na kriškama iz centralnog dela hlepcića (kriška 2), a koja na kriškama iz bočnog dela (kriška 1).

Skeniranje kriške hleba

Od svakog hlepcića se kriška 3 skenira sa obe strane tako da se zna koje su slike bočne strane (bliže kori), a koje su slike unutrašnje strane (bliže centralnom delu sredine hleba). Skenira se kolor fotografija, gustina slike treba da bude podešena na 300 dpi. Slike se za potrebe dalje obrade čuvaju u JPEG formatu. Na ovaj način dobija se tri slike unutrašnjosti sredine hleba i tri slike dela sredine hleba bliže kori.

II Izračunavanje parametara ocene hleba

Analiza dimenzija testa i hleba

Na bazi merenih dimenzija test i hleba izvode se sledeći pokazatelji:

Visina koju testo dostiže tokom završne fermentacije od 70 minuta (h_t) se uzima kao direktno merena vrednost i oslikava sposobnost narastanja testa tokom fiksnih uslova vremena, temperature i vlažnosti.

Razlika visina testa u kalupu pre ubacivanja u peć (h_t) i Visina hleba u kalupu neposredno nakon vađenja hleba iz peći (h_n) predstavlja sposobnost narastanja testa u peći (Δh).

Odnos visina preseka hleba u centralnom delu 24 h nakon pečenja(h) i visine kalupa (5,5 cm) i maksimalnog poprečnog prečnika kalote hleba 24 h nakon pečenja (a) predstavlja merilo oblika kalote hleba i pokazatelj koliko je fiksno vreme završne fermentacije odstupalo od optimalnog.

Razlika maksimalnog uzdužnog prečnika kalote hleba 24 h nakon pečenja (b) i gornje uzdužne dimenzije kalupa (9,5 cm) predstavlja meru narastanja testa u širinu.

Analiza prinosa i gubitaka testa i hleba

Na bazi merenih masa testa i hleba izvode se sledeći pokazatelji:

Prinos testa se izračunava po sledećoj formuli: $P_t = \frac{312+m_w}{300} * 100 \left[\frac{g}{100g \text{ brašna}} \right]$

Gubitak tokom fermentacije se izračunava po sledećoj formuli: $G_f = \frac{(m_f-m_k)-(m_p-m_k)}{m_f-m_k} * 100 \text{ [%]}$

Gubitak tokom pečenja se izračunava po sledećoj formuli: $G_p = \frac{(m_p-m_k)-(m_o-m_k)}{m_p-m_k} * 100 \text{ [%]}$

Gubitak tokom hlađenja se izračunava po sledećoj formuli: $G_h = \frac{(m_p-m_k)-m_1}{m_p-m_k} * 100 \text{ [%]}$

Gubitak tokom skladištenja od 24 h se izračunava po sledećoj formuli: $G_s = \frac{(m_o-m_k)-m_{24}}{m_o-m_k} * 100 \text{ [%]}$

U gore navedenim formulama značenja simbola su sledeća:

- Masa vode upotrebljene za zames (m_w)
- Masa kalupa (m_k)
- Masa kalupa sa testom pre fermentacije (m_f)
- Masa kalupa sa testom pre ubacivanja u peć (m_p)
- Masa kalupa sa hlepčićem neposredno nakon pečenja (m_o)
- Masa hlepčića 1 h nakon pečenja (m_1)
- Masa hlepčića 24 h nakon pečenja na temperaturi od $22 \pm 0,5^\circ\text{C}$ i relativnoj vlažnosti od $75 \pm 5\%$ (m_{24}).

Dodatni pokazatelj koji se izračunava je prinos (randman) hleba koji se izračunava po formuli:

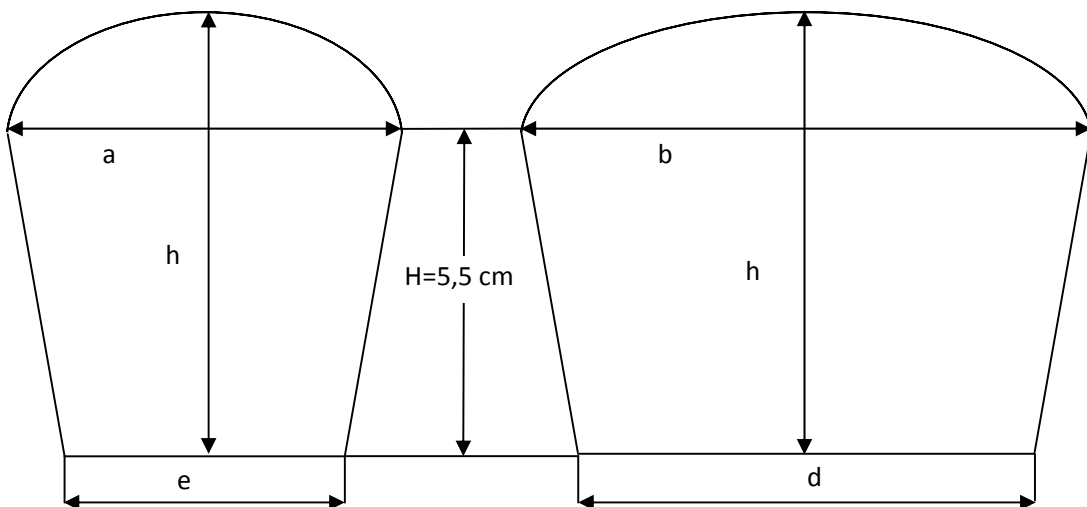
$$P_h = \frac{m_{24} \times (312 + m_w)}{450} \left[\frac{g}{100g \text{ brašna}} \right]$$

Određivanje zapremine

Zapremina hleba određuje se računski na bazi eksperimentalno merenih podataka i podataka dobijenih sa skeniranih preseka hleba. Za izračunavanje zapremine alternativno se mogu primeniti dva postupka koje se razlikuju po načinu aproksimacije oblika hleba geometrijskom figurom.

Postupak I – Aproksimacija oblika kalote hleba polovinom elipsoida

Na osnovu oblika hleba dobijenog pečenjem u kalupu aproksimira se da se hleb sastoji od zarubljene piramide i polovine elipsoida kao što je prikazano na šemi ispod.



Za izračunavanje se koriste matematičke formule za izračunavanje zapremine ovih geometrijskih tela. U slučaju prikazanom na slici one glase:

(1) Zapremina polovine elipsoida $V_e = \frac{4}{3} \pi \frac{a b}{2^2} (h - 5,5)$

(2) Zapremina zarubljene piramide $V_p = \frac{5,5}{3} (ed + \sqrt{(ab)(ed)} + ab)$

Obzirom na to da su dimenzije zarubljene piramide, odnosno baze hleba konstantne i diktirane oblikom kalupa sledi:

$$V_p = \frac{5,5}{3} (9,5 * 7,5 + \sqrt{(9,5 * 7,5) * (7,5 * 5,5)} + 7,5 * 5,5)$$

$$V_p \approx 300 \text{ cm}^3$$

Zapremina celog hleba izračunava se po formuli: $V = V_e + V_p \text{ [cm}^3\text{]}$

Odnosno $V = V_e + 300 \text{ [cm}^3\text{]}$

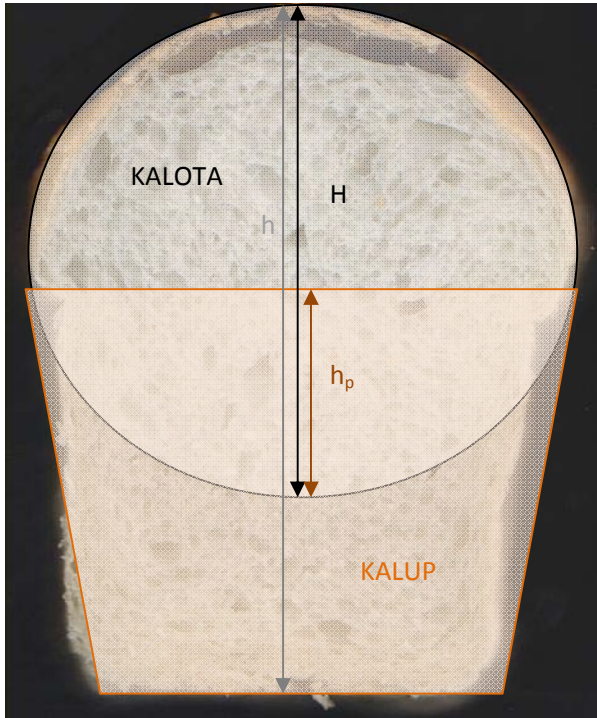
Zapremina polovine elipsoida V_e može se koristiti i kao nezavisan pokazatelj s obzirom na to da je zapremina zarubljene piramide konstantna i uslovljena je dimenzijama kalupa korišćenog za probno pečenje po metodi za koju je razvijen ovaj postupak ocene.

Postupak II – Aproksimacija oblika kalote hleba odsečkom elipsoida

Na osnovu oblika hleba dobijenog pečenjem u kalupu aproksimira se da se on sastoji od zarubljene piramide i odsečka elipsoida kao što je prikazano na slici ispod.

Za potrebe realizacije ove metode potrebno je na skeniranom preseku hleba dodatno odrediti visinu elipsoida koji najpreciznije moguće aproksimira oblik kalote hleba. Ovaj postupak se sprovodi tako što se slika preseka hleba dobijena skeniranjem na gore opisani način unosi u MS word, bez menjanja veličine, i preko kalote se ucrtava elipsa odgovarajućih dimenzija za koju se iz programa očitava visina H kao visina ucrtanog oblika.

Ovaj oblik umanjen za odsečak koji formira oblik kojim je aproksimiran deo hleba koji se nalazi u kalupu predstavlja kalotu, odnosno deo hleba koji se formirao od testa koje je slobodno naraslo izvan kalupa. Zapremina ovog dela predstavlja kvalitetan pokazatelj za merenje svojstava brašna, a njegov zbir sa zapreminom zarubljene piramide koji je konstantan i jednak zapremini kalupa, daje preciznu vrednost zapremine hleba.



Da bi se izračunavanje pojednostavilo uvodi se vrednost h_p , koja predstavlja visinu odsečka elipsoida (kalote) koji se preklapa sa zarubljenom piramidom (osnovom hleba). Iz prikaza sledi:

$$h_p = (H + 5,5) - h$$

Gde su:

h_p , h i H visine prikazane na slici

5,5 konstantna vrednost koja odgovara visini kalupa

Zapremina kalote se izračunava po sledećoj formuli:

$$V_{kalote} = \frac{1}{6}\pi abH - \frac{Hab}{4} \left(\cos^{-1} \left(1 - \frac{h_p}{H} \right) - \left(1 - \frac{h_p}{H} \sqrt{\frac{4h_p}{H} - \frac{4h_p^2}{H^2}} \right) \right) \quad [cm^3]$$

Zapremina celog hleba shodno razmatranjima prikazanim za metodu i je:

$$V_{hleba} = V_{kalote} + 300 \quad [cm^3]$$

Kao dodatni pokazatelj izračunava se specifična zapremina hleba koja predstavlja vrednost zapremine hleba iz prethodne formule podeljenu sa masom hleba mernom 24 h nakon pečenja:

$$SZ = V_{hleba}/m_{24} \quad \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

Dalje, pokazatelj koji se izračunava je prinos zapremine koji se izračunava po formuli:

$$P_z = \frac{V_{hleba} \times (312 + m_w)}{450} \quad \left[\frac{cm^3}{100g \text{ brašna}} \right]$$

Određivanje boje kore hleba

Rezultati merenja boje hleba za svaki od analiziranih uzoraka dobijaju se u formatu prikazanom u sledećoj tabeli:

| Prvi hlepčić | | | |
|---------------|------------|------------|-------------------------|
| L^*_{11} | a^*_{11} | b^*_{11} | Sredina gornje površine |
| L^*_{12} | a^*_{12} | b^*_{12} | Uglovi gornje površine |
| L^*_{13} | a^*_{13} | b^*_{13} | |
| L^*_{14} | a^*_{14} | b^*_{14} | |
| L^*_{15} | a^*_{15} | b^*_{15} | |
| Drugi hlepčić | | | |
| L^*_{21} | a^*_{21} | b^*_{21} | Sredina gornje površine |
| L^*_{22} | a^*_{22} | b^*_{22} | Uglovi gornje površine |
| L^*_{23} | a^*_{23} | b^*_{23} | |
| L^*_{24} | a^*_{24} | b^*_{24} | |
| L^*_{25} | a^*_{25} | b^*_{25} | |
| Treći hlepčić | | | |
| L^*_{31} | a^*_{31} | b^*_{31} | Sredina gornje površine |
| L^*_{32} | a^*_{32} | b^*_{32} | Uglovi gornje površine |
| L^*_{33} | a^*_{33} | b^*_{33} | |
| L^*_{34} | a^*_{34} | b^*_{34} | |
| L^*_{35} | a^*_{35} | b^*_{35} | |

Iz dobijenih podataka se izračunavaju statistički podaci:

Svetlina centralnog dela kore (L_c^*) - Srednja vrednost (L_{11}, L_{21}, L_{31})

Svetlina oboda kore (L_o^*) - Srednja vrednost ($L_{12}, L_{13}, L_{14}, L_{15}, L_{22}, L_{23}, L_{24}, L_{25}, L_{32}, L_{33}, L_{34}, L_{35}$)

Intenzitet crvene nijanse centralnog dela kore (a_c^*) - Srednja vrednost (a_{11}, a_{21}, a_{31})

Intenzitet crvene nijanse oboda kore (a_o^*) - Srednja vrednost ($a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15}, a_{22}, a_{23}, a_{24}, a_{25}, a_{32}, a_{33}, a_{34}, a_{35}$)

Intenzitet žute nijanse centralnog dela kore (b_c^*) - Srednja vrednost (b_{11}, b_{21}, b_{31})

Intenzitet žute nijanse oboda kore (b_o^*) - Srednja vrednost ($b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{15}, b_{22}, b_{23}, b_{24}, b_{25}, b_{32}, b_{33}, b_{34}, b_{35}$)

Na bazi dobijenih srednjih vrednosti donose se zaključci o svetlini, i udelu crvene, odnosno žute boje u formiranju boje kore hleba.

Na bazi dobijenih vrednosti računa se razlika boje centralnog dela i oboda kore koja ukazuje na ujednačenost boje hleba prema sledećoj formuli:

$$\Delta E_k = \sqrt{(L_c^* - L_o^*)^2 + (a_c^* - a_o^*)^2 + (b_c^* - b_o^*)^2}$$

Vrednost ΔE ukazuje na to koliko su razlike u merenim karakteristikama boje uočljive golim okom. Prema Young and Whittle (12) ΔE u rasponu 0–0.5 ukazuje da su razlike boje neprimetne, 0.5–1.5 neznatne, 1.5–3.0 jedva primetne, 3.0–6.0 dobro uočljive.

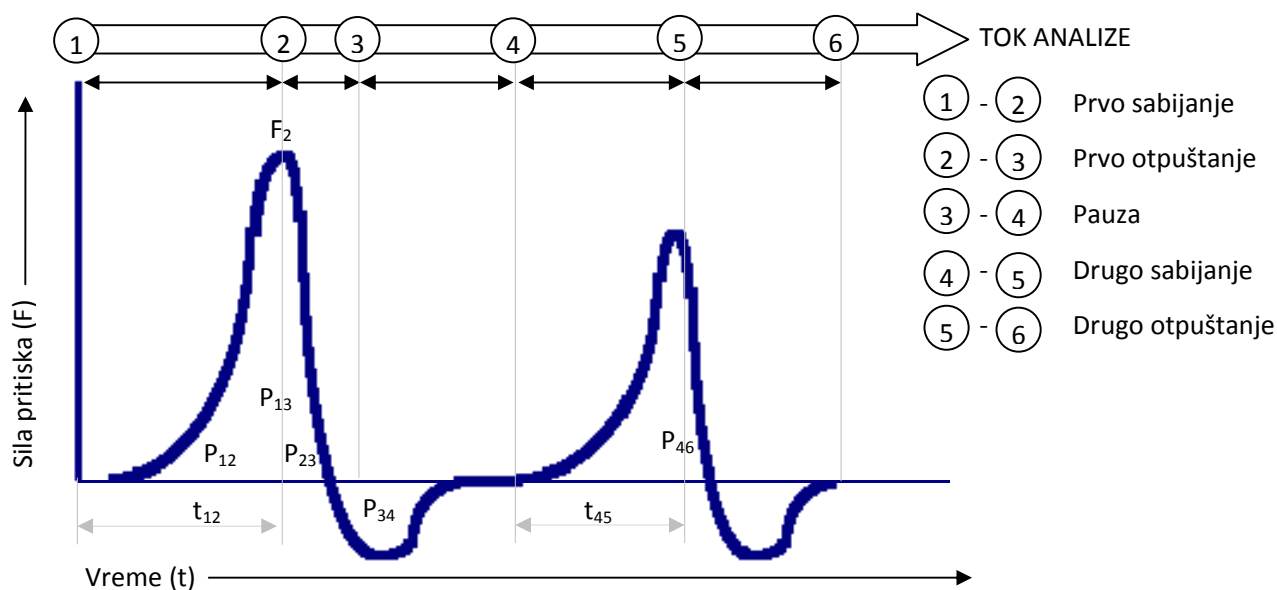
Pored navednih vrednosti mogu se izračunati i dodatni statsitički parametri kao što su standardne devijacije i koeficijenti varijacije koji ukazuju na variranje boje kore među proizvedenim hlepčićima ili po površini kore jednog istog hleba.

Određivanje teksturnih svojstava sredine hleba

Napred opisano merenje teksturnih svojstava sredine hleba rezultira dobijanjem takozvanog TPA grafikona i baze podataka sa pokazateljima teksture sredine hleba: tvrdoća, elastičnost, adhezivnost, kohezivnost i žvakljivost.

Na slici je prikazan način merenja pojedinih svojstava sredine hleba u odnosu na tok analize na analizatoru teksture TA.XT Plus Texture Analyser .

Merenje teksture koje je obavljeno na tri isečka iz centralne kriške hleba i tri isečka bočne kriške hleba omogućuje i poređenje teksturnih svojstava unutar istog hlepčića u zavisnosti od položaja dela sredine u hlepčiću.



Pokazatelji teksturnih svojstava sredine hleba se dobijaju i tumače na sledeći način:

TVRDOĆA SREDINE predstavlja vrednost maksimalne sile tokom prvog sabijanja (F_2). Što je vrednost ovog pokazatelja veća sredina hleba je tvrđa. Tvrdoća se izražava u [N].

ELASTIČNOST SREDINE je pokazatelj koji ukazuje na to u kojoj meri se sredina vraća u prvobitan oblik nakon izvršene kompresije. Izražava se kao odnos vremena od početka druge kompresije do maksimuma krive i vremena od početka prve kompresije do maksimuma krive (t_{45}/t_{12}). Elastičnost je neimenovan broj. Vrednosti mogu biti od 0 do 1. Za idealno elastičanu sredinu hleba vrednost ovog pokazatelja bi bila jednaka 1, a što je vrednost ovog pokazatelja manja sredina je manje elastična.

ŽILAVOST SREDINE predstavlja meru sposobnosti sredine da nakon kompresije zadrži prvobitan oblik. Izražava se kao odnos površina ispod krive otpuštanja i krive sabijanja u prvoj kompresiji proizvoda (P_{23}/P_{12}). Žilavost je neimenovan broj. Vrednosti mogu biti od 0 do 1. Za žilav proizvod koji ima sposobnost da u potpunosti očuva oblik nakon kompresije vrednost ovog pokazatelja je 1, a što je vrednost manja proizvod je manje žilav.

KOHEZIVNOST SREDINE ukazuje na to u kojoj meri se struktura merena tokom druge kompresije narušila u odnosu na prvobitnu strukturu merenu tokom prve kompresije. Kohezivnost se dobija kao odnos površine ispod krive sabijanja i otpuštanja tokom druge kompresije i površine ispod krive sabijanja i otpuštanja tokom prve kompresije (P_{46}/P_{13}). Kohezivnost je neimenovan broj. Vrednosti mogu biti od 0 do 1. Za proizvod kod kog uopšte nije došlo do narušavanja strukture usled kompresije vrednost ovog pokazatelja je 1, a što je vrednost manja struktura proizvoda je kompresijom više narušena.

ŽVAKLJIVOST SREDINE je pokazatelj koji se izvodi iz prethodno prikazanih pokazatelja i izračunava se kao:

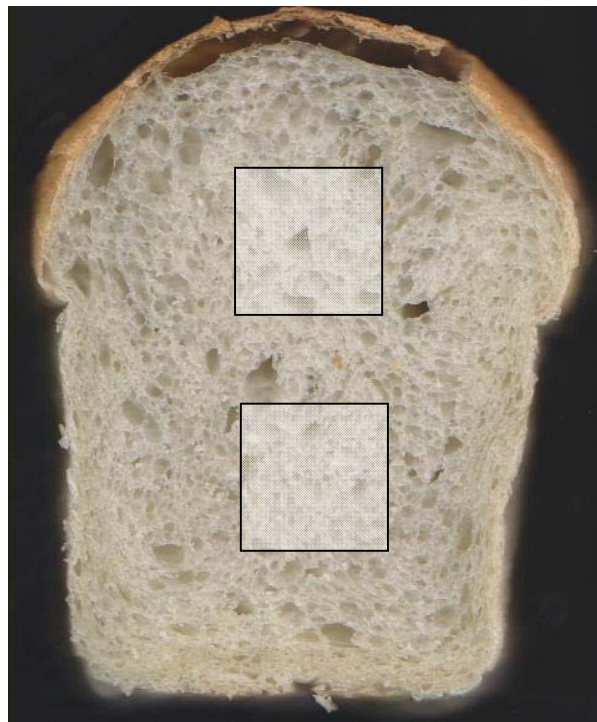
$$\text{Tvrdća} \times \text{Kohezivnost} \times \text{Elastičnost} = F_2 \times P_{46}/P_{13} \times t_{45}/t_{12}$$

Žvakljivost se izražava u [N].

Određivanje strukture sredine hleba digitalnom analizom slike

U cilju dobijanja podataka o strukturi sredine hleba potrebno je obraditi skenirane slike preseka hleba (od jednog probnog pečenja ima 6 skeniranih slika). U prvom koraku potrebno je napraviti isečke skenirane slike kriške hleba dimenzija 2X2 cm koji predstavljaju reprezentativnu strukturu hleba na način prikazan na slici.

Na ovaj način se dobija ukupno 12 isečaka sredine hleba, od čega je 6 bliže kori, a 6 bliže centralnom delu hleba. Dalja obrada podataka se može raditi za sve isečke ili posebno za isečke sa različitim pozicija u hlepčiću kako bi se dobili podaci o ravnomernosti strukture sredine.

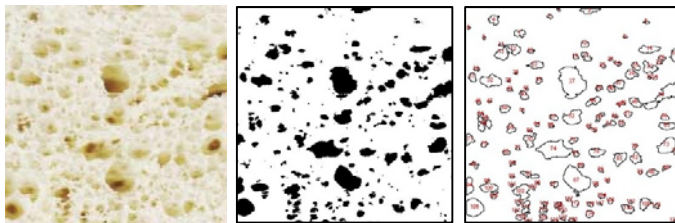


Samo merenje strukture hleba radi se pomoću programa *ImageJ* (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>). Postupak se sastoji iz sledećih koraka:

- 1) Importovati sliku u softver

- 2) Postaviti razmeru.
- 3) Konvertovati kolor isečak u crno-belu odnosno binarnu sliku.
- 4) Definisati i prag osetljivosti, odnosno najmanju strukturu koja može da utiče na rezultat (0,1 mm).

Transformacije kroz koje slika sredine prolazi prikazane su na slici:



- 5) Kao rezultat analize dobije se ukupan broj pora kao i njihova veličina, odnosno površina svake od registrovanih pora kao što je prikazano ispod:

| A | B | C |
|---|-----------------|-------|
| | Label | Area |
| 1 | p1_0_50_cut.jpg | 0,122 |
| 2 | p1_0_50_cut.jpg | 1,329 |
| 3 | p1_0_50_cut.jpg | 0,309 |
| 4 | p1_0_50_cut.jpg | 1,321 |
| 5 | p1_0_50_cut.jpg | 0,201 |
| 6 | p1_0_50_cut.jpg | 0,108 |
| 7 | p1_0_50_cut.jpg | 1,084 |

Iz dobijenih rezultata se dobijaju parametri strukture sredine koji se izražavaju i tumače na sledeći način:

UKUPAN BROJ PORA predstavlja broj pora koje su detektovane digitalnom analizom slike.

PROSEČNA POVRŠINA PORA predstavlja srednju vrednost utvrđenih površina svih detektovanih pora.

FREKVENCIJA PORA PO VELIČINI predstavlja procentualni udeo pora u odnosu na ukupan broj pora sa površinama do 0,5 mm² (vrlo sitne pore) 0,5 do 1mm² (sitne pore) 1-2 mm² (srednje pore) 2-3 mm² (krupne pore) 3-5 mm² (vrlo krupne pore) i preko 5 mm² (šupljine). Ovaj pokazatelj ukazuje na veličinu pora i ujednačenost pora.

UDEO ZIDOVA PORA predstavlja razliku ukupne površine obrađene slike (400 mm²) i ukupne površine registrovanih pora. Ovaj pokazatelj ukazuje na finoću strukture pora.

Primena

Primena razvijenog postupka se preporučuje za istraživanja u oblasti kvaliteta i tehnologiju prerađivanja pšenice:

- istraživačke svrhe
- ocenu pecivnih svojstava brašna u prometu
- uporedne ocene pecivnih svojstava pšenice

Za sada je postupak primenjen u istraživačkim aktivnostima koje se provode u Naučnom institutu za prehrambene tehnologije u Novom Sadu kao i u nastavnom i istraživačkom radu na Tehnološkom fakultetu, Univerziteta i Istočnom Sarajevu, Republika Srpska. Tokom vremena predloženi postupak će sigurno naći širu primenu među istraživačima u ovoj oblasti za koje objektivna ocena kvaliteta hleba predstavlja permanentan izazov.

LITERATURA

1. ICC method No 131/1980 - Method for Test Baking of Wheat Flours (http://www.icc.or.at/standard_methods/131 - 18.01.2014.)
2. CHERNYKH, Valery Yakovlevich, MILJUKOVA, Elena Dmitrievna, BELOUSOVA, Evgenia Mikhailovna, GORPINCHENKO, Tatyana Vasilievna (1992) СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОБНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ ВЫПЕЧКИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА. Međunarodni patent WIPO WO/1992/006374 (<http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO1992006374&recNum=1&maxRec=&office=&prevFilter=&sortOption=&queryString=&tab=PCT+Biblio> – 18.01.2014.)
3. AACCI Method 10-09.01 Basic Straight-Dough Bread-Baking Method -- Long Fermentation (<http://methods.aaccnet.org/summaries/10-09-01.aspx> - 18.01.2014.)
4. AACCI Method 10-10.03 Optimized Straight-Dough Bread-Making Method (<http://methods.aaccnet.org/summaries/10-10-03.aspx> -18.01.2014.)
5. AACCI Method 10-11.01 Baking Quality of Bread Flour -- Sponge-Dough, Pound-Loaf Method (<http://methods.aaccnet.org/summaries/10-11-01.aspx> -18.01.2014.)
6. Canadian grain commission: Wheat methods and tests (<http://www.grainscanada.gc.ca/wheat-ble/method-methode/wmtm-mmab-eng.htm> -18.01.2014.)
7. Mastilović Jasna (1991) Racionalizacija metode za ocenu pecivosti sorti pšenice, magistraska teza. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet
8. H.M. Allen, D.K. Fleming and J.K. Pumpa (2005) The development of a rapid dough bread baking method using a doughlab. Proceedings 55th Australian Cereal chemistry conference, July 2005 (<http://regional.org.au/au/cereals/posters/79allen.htm> -18.01.2014.)

9. Choi, Hyun-Wook (2012) Improvement of sponge cake baking test procedure and characteristics of soft wheat flour desirable for making sponge cake, dissertation Washington state University (<http://research.wsulibs.wsu.edu/xmlui/handle/2376/4111> - 18.01.2014.)
10. Pongjaruvat, W., Methacanon, P., Seetapan, N., Fuongfuchat, A., & Gamonpilas, C. (2014). Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. *Food Hydrocolloids*, 36, 143-150.
11. Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A., & Schoenlechner, R. (2012). Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56, 389-395.
12. Siddiq, M., Nasir, M., Ravi, R., Butt, M. S., Dolan, K. D., & Harte, J. B. (2009). Effect of defatted maize germ flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 464-470.
13. Mohd Jusoh, Y. M., Chin, N. L., Yusof, Y. A., & Abdul Rahman, R. (2009). Bread crust thickness measurement using digital imaging and *L a b* colour system. *Journal of Food Engineering*, 94(3), 366-371.
14. Mohamed, A., Xu, J., & Singh, M. (2010). Yeast leavened banana-bread: Formulation, processing, colour and texture analysis. *Food chemistry*, 118(3), 620-626.
15. Purlis, E., & Salvadori, V. O. (2007). Bread browning kinetics during baking. *Journal of food engineering*, 80(4), 1107-1115.
16. Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT-Food Science and Technology*, 50, 679-685.
17. Licciardello, F., Cipri, L., & Muratore, G. (2013). Influence of packaging on the quality maintenance of industrial bread by comparative shelf life testing. *Food Packaging and Shelf Life*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2013.10.001>
18. Tong, Q., Zhang, X., Wu, F., Tong, J., Zhang, P., & Zhang, J. (2010). Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. *Food Research International*, 43(9), 2284-2288.
19. Skendi, A., Biliaderis, C.G., Papageorgiou, M., Izydorczyk M.S. (2010). Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties, *Food Chemistry*, 119, 1159–1167
20. Krupa-Kozak, U., Bączek, N., & Rosell, C. M. (2013). Application of Dairy Proteins as Technological and Nutritional Improvers of Calcium-Supplemented Gluten-Free Bread. *Nutrients*, 5(11), 4503-4520.
21. Young, K. W., Whittle, J. (1985) Colour measurement of fish minces using Hunter L, a, b values. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36 (5), 383–392