Proizvodnja raženog kruha

Vuković, Damir

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:263904

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Damir Vuković

Proizvodnja raženog kruha

završni rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJPREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Završni rad

Proizvodnja raženog kruha

Nastavni predmet
Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla I
Predmetni nastavnik: izv. prof. dr. sc. Marko Jukić

Student:	Damir Vuković	(MB: 3519/11.)
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Marko Jukić	
Predano (datum):	26. rujna 2015.	
Pregledano (datum):		

Ocjena: **Potpis mentora:**

PROIZVODNJA RAŽENOG KRUHA

Sažetak

Proizvodnja kruha ili raženih proizvoda podrazumijeva da isti sadrži više od 90% raženog brašna. Raženi kruh je obično tvrđi za razliku od kruha napravljenog od pšeničnog brašna te ima zbijeniju strukturu. Razlikujemo tri postupka proizvodnje raženog tijesta: direktan, indirektan te kombinirani postupak. Pripremljeno tijesto se obrađuje u posebnim mijesilicama gdje se homogenizira. Za proizvodnju raženog kruha ne preporučuju se mikseri. Nakon miješenja tijesta slijedi odmaranje tijesta. Tijesto koje je prošlo proces odmaranja potrebno je odvagati i oblikovati ovisno o željenom izgledu kruha. Oblikovanje je moguće provoditi ručno i strojno. Oblikovano tijesto prolazi fazu fermentacije, tijekom koje proizvod dobiva na volumenu. Djelovanjem kvasca i bakterija mliječne kiseline proizvodi se ugljični dioksid što se očituje u poroznosti tijesta. Maksimalna temperatura fermentacije iznosi 40 °C, dok se vrijeme fermentacije kreće 20 - 50 minuta. Nakon procesa fermentacije tijesta slijedi pečenje. Pečenje je proces pretvorbe vlažnog i neprobavljivog tijesta u lako probavljiv proizvod, te je to najvažniji proces u proizvodnji kruha. Raženi kruh se peče na temperaturi od 260 °C. Završetak pečenja određuje se na osnovu boje kore ili mjerenjem temperature sredine kruha. Nakon završetka pečenja kruh se hladi na drvenim policama.

Ključne riječi: raženo tijesto, raženi kruh, mijesilice, fermentacija, pečenje

RYE BREAD PRODUCTION

Summary

Making of bread or rye products means that it contains more than 90% rye flour. Rye bread is more compact and dense as opposed to wheat bread. Rye dough can be prepared on three different procedures: direct, indirect and combined procedure. Prepared dough is subjected to agitation in kneading machine due to homogenization. Mixers are not recommended for rye dough production. After kneading the dough rest follows. When time of dough resting is passed, dough is weighted and shaped depending on the desired appearance of bread. Shaping can be carried out manually and by machine. Shaped dough passing through fermentation phase and during this phase volume of product becomes bigger. Due to action of yeast and lactic acid bacteria carbon dioxide is produced and manifested in dough porosity. Maximum fermentation temperature is 40 °C while fermentation time range 20 - 50 minutes. End of fermentation process is followed by dough baking. Baking is conversion process of dough, from wet and indigestible dough to digestible product, therefore baking is most important step in process of bread making. The temperature for baking rye bread is 260 °C. Based on the crust colour or by measuring the temperature in the middle of bread, end of baking process can be defined. After baking, bread is cooled on wooden shelves.

Key words: rye dough, rye bread, kneading machine, fermentation, baking

Sadržaj

1. UVOD 1

2. RAŽ 2

3. PROIZVODNJA RAŽENOG KRUHA 4

3.1. POSTUPCI PROIZVODNJE TIJESTA OD RAŽENOG BRAŠNA 5

3.1.1. Direktan postupak pripreme tijesta 5

3.1.2. Indirektan postupak pripreme tijesta 6

3.1.3. Kombinirani postupak 6

3.2. PRIPREMA RAŽENOG TIJESTA 7

3.2.1. Postavljanje radne recepture 7

3.2.2. Priprema sastojaka 7

3.2.3. Određivanje temperature vode za tijesto 8

3.2.4. Miješenje tijesta 8

3.3. ODMARANJE TIJESTA 9

3.4.1. Odvaga tijesta 9

3.4.2. Oblikovanje raženog tijesta 10

3.4.3. Fermentacije tijesta 10

3.5. PEČENJE RAŽENIH PROIZVODA 11

3.5.1. Pekarske peći 12

3.5.2. Priprema tijesta za pečenja 12

3.5.3. Promjene u tijestu tijekom pečenja 13

3.5.4. Proces pečenja 14

3.5.5. Završetak pečenja raženih proizvoda 15

4. LITERATURA 16

1. UVOD

Proizvodnja kruha seže daleko u povijest. Kruh kao egzistencijalni vid hrane pojavljivao se u različitim oblicima u svim dijelovima svijeta. Pretpostavlja se da osnivanjem prvih naselja započinje i gajenje žitarica koje su se koristile u prehrani. Žitarice su se mljele i miješale sa vodom pa su se prvi kruhovi pojavljivali u vidu tvrdih, pljosnatih vekni bez kvasca. Brašna koja su se koristila kroz povijest uglavnom nisu sadržavala gluten i potjecala su od ječma, prosa, kukuruza ili heljde. Prototip današnjeg kruha pravi se dodavanjem pekarskog kvasca ili krušnog kvasca brašnima koja sadrže gluten (pšenična ili ražena brašna) te se takvo tijesto prije pečenja ostavlja kako bi fermentiralo.

Smatra se da su Egipćani napravili prvi kruh i to od pšenice i ječma koji je potom pečen u žeravici. Prvi su počeli i s gradnjom pećnica, na što upućuju slike na zidovima grobnica, zapisi starih Egipćana kao i mnogi drugi arheološki nalazi. Iz Egipta se upotreba kruha proširila na Grčku te dalje na Rim u kojem se pojavljuju prvi bijeli kruhovi namijenjeni isključivo bogatašima.Starim Grcima kruh je predstavljao jednu od glavnih prehrambenih namirnica, a za njegovu pripremu bili su zaduženi robovi. U Rimljana kruh se za aristokrate pripremao na različite načine, pekari su ih posipali makom, bademima, lovorom itd. Rimski vojnici svakodnevno su dobivali kilogram kruha pa su prozvani „žderačima kruha“.

Bijeli kruh je kroz povijest uglavnom bio statusni simbol i predstavljao viši društveni standard, no danas je simbol loših prehrambenih navika jer je osiromašen korisnim prehrambenim vlaknima. Za razliku od bijelog, crni kruh je stoljećima smatran hranom sirotinje, robova i kažnjenika, a danas je najčešći odabir osoba koje se brinu o svom zdravlju i žele uravnoteženu prehranu. Bogat je mineralima, vlaknima, proteinima, manje je energetske vrijednosti međutim daje izrazito jak osjećaj sitosti. Kruh od brašna cjelovitog zrna pravi se od nekoliko vrsta žitarica kako bi se postigao što bolji sastav i okus. Najtamniji je kruh od prosa, raži, potom od zobi.

Danas imamo kruhove raznih boja, veličina i okusa. *Zemljom kruha* smatra se Njemačka budući da je poznato više od 200 vrsta kruha koje proizvode. Mnogobrojne vrste kruha posljedica su regionalnih posebnosti i izražene upotrebe raženih mlinskih proizvoda.

2. RAŽ

Nakon pšenice, raž (*SecaleCereale* L.) je druga po redu žitarica koja se najčešće koristi u proizvodnji kruha. Također je važna u proizvodnji hrane za životinje iz razloga što se može uzgajati na pjeskovitim tlima te u područjima koja nisu pogodna za uzgoj drugih žitarica (područja s niskim temperaturama, područja blizu pustinja).



Slika 1 Klas i zrno raži

Raž možemo naći u cjelovitom zrnu ili samljevenu, odnosno kao brašno ili u obliku pahuljica. Gluten raži je manje elastičan nego gluten pšenicete zadržava manje plinova tijekom procesa odmaranja tijesta, stoga kruh napravljen od raženog brašna je gust i zbijen. Zbog teškog odvajanja klice i ovojnice zrna raži od endosperma, raženo brašno sadrži veliku količinu hranjivih tvari. Ovojnica endosperma, aleuronski sloj, bogata je proteinima, mineralima i vitaminima, posebice B vitaminom. Dobar je izvor minerala kao što su mangan, željezo, bakar, cink, selenij, magnezij i fluorid.Makronutrijenti koje sadrži raž su: škrob, prehrambena vlakna i proteini.

Velike količine važnih prehrambenih vlakana, koja mogu biti u kombinaciji s drugim bioaktivnim komponentama, sadržane se u raži. Raž sadrži i topiva i netopiva prehrambena vlakna. Sadržaj prehrambenih vlakana u raženom kruhu veći je oko tri puta nego u pšeničnom kruhu. Razlog tomu je što je raženi kruh uglavnom napravljen od brašna cijelog zrna dok je bijeli kruh obično napravljen od pšeničnog brašna kod kojeg prilikom mljevenja dolazi do odvajanja vanjske ovojnice od samog zrna.

Raž sadrži i polifenole. Tanini su skupina polifenola koji se ponašaju kao antioksidansi te djeluju inhibitorno na aktivnost spojeva čijim reakcijama nastaju mutageni i kancerogeni spojevi. Značajna fenolnakiselinauje ferulična kiselina koja također pridonosi antioksidativnom djelovanju raži.

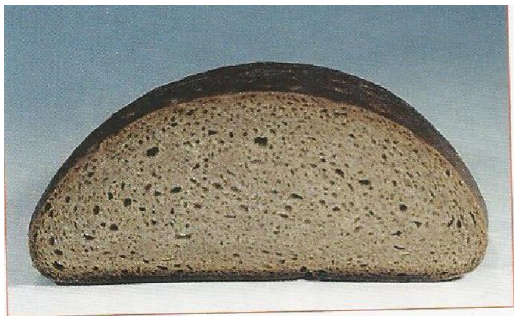
Raž ima mali udio zasićenih masti i ne sadržava kolesterol. Ima visoki udio magnezija i selenija. Također, sadrži velike količine tiamina (vitamin B1) koji na razini stanice proizvodi energiju iz ugljikohidrata te je važan za pravilan rad mišića i provođenje živčanih impulsa tijelom. Na temelju ovih činjenica možemo zaključiti da raž ima veoma povoljan utjecaj na ljudsko zdravlje.

Kalorije (kcal) 337
Masti1,6 g Zasićene masne kiseline 0,2 g Polinezasićene masne kiseline 0,8 g Mononezasićene masne kiseline 0,2 g Transmasne kiseline 0 g
Kolesterol 0 g
Natrij 2 mg
Kalij 510 mg
Ugljikohidrati76 g Šećeri 1 g Prehrambena vlakna 15 g
Proteini 10 g

Tablica1 Nutritivna vrijednost raži u 100 g

3.PROIZVODNJA RAŽENOG KRUHA

Pod raženom kruhom podrazumijeva se proizvod u kojem ima najmanje 90% raženih produkata. Miješani raženi kruh se proizvodi od mješavine raženog brašna sa pšeničnim brašnom u svim omjerima tako da ima najmanje od 50-90% raženog brašna. Miješani pšenični kruh se proizvodi od smjese pšeničnog i raženog brašna u kojoj se udio pšeničnog brašna kreće od 50-90%.



Slika 2 Raženi miješani kruh

Za proizvodnju raženog kruha najčešće se koriste brašna T 997, T 1150 i T 1370.

Kalorije (kcal) 259
Masti3,3 g Zasićene masne kiseline 0,6 g Polinezasićene masne kiseline 0,8 g Mononezasićene masne kiseline 0,3 g
Kolesterol 0 g
Natrij 603 mg
Kalij 166 mg
Ugljikohidrati48 g Šećeri 6 g Prehrambena vlakna 3,8 g
Proteini 8 g

Tablica2 Nutritivna vrijednost raženog kruha u 100 g

Kakvoća raznih vrsta raženog i miješanog kruha razlikuje se prema strukturi sredine i volumenu kruha. Kruh se razlikuje po obliku, izgledu, debljini kore, okusu i mirisu. Na okus, svježinu i boju kruha može se utjecati izborom tipa brašna i odnosa miješanja. Boja sredine može biti u svim nijansama od bijele do tamno sive. Raženi kruh može imati umjereno izraženu kiselost kao i vrlo izražen kiseli okus.

3.1. Postupci proizvodnje tijesta od raženog brašna

Kod proizvodnje raženih tijesta razlikuju se tri vrste postupaka:

- direktan postupak pripreme tijesta,
- indirektan postupak pripreme tijesta i
- kombinirani postupak pripreme tijesta.

3.1.1. Direktan postupak pripreme tijesta

Za proizvodnju tijesta direktnim postupkom koristi se raženo brašno (T 1150), voda, kvasac, sol te isključivo sredstvo za zakiseljavanje. Navedene komponente se dodaju istovremeno u mijesilicu gdje se prerađuju u tijesto.



Slika 3 Direktan postupak pripreme tijesta

Kiseli aditiv treba zamiješati u brašno i tako spriječiti da dođe u dodir sa kvascem. Prednost ovog postupka u usporedbi s indirektnim postupkom je visoki randman, kruh sa dovoljno elastičnom sredinom i sa pogodnim odnosom kiselina. S druge strane nedostatak je lošija kakvoća koja se posebno očituje u trajanju svježine kruha, okusu i mirisu. Kakvoća

kruha znatno ovisi o količini i sastavu sredstava za zakiseljavanje. Različita sredstava za zakiseljavanje daju vrlo različite rezultate. Pogodna sredstva sadrže dobar omjer mliječne i octene kiseline ili njihovih soli.

3.1.2. Indirektan postupak pripreme tijesta

Ovim postupkom proizvodnje kruha osigurava se sigurna proizvodnja i ujednačena kakvoća. Postupak je vremenski zahtjevan te isti zahtjeva visoko stručno znanje. Kao sredstvo za zakiseljavanje koristi se samo kiselo tijesto.



Slika 4 Indirektni postupak pripreme tijesta

Za pripremu kiselog tijesta upotrebljava se jednostupanjsko ili višestupanjsko kiselo tijesto.Jednostupanjsko kiselo tijesto se zakiseljava na način da se podese prosječni životni uvjeti za djelovanje mikroorganizama u tijestu, dok je višestupanjski postupak jednostavniji, te osigurava proizvodnju raženog kruha koja udovoljava zahtjevima kakvoće.

3.1.3. Kombinirani postupak

Količina kiseline potrebna za proizvodnju tijesta potječe jednim dijelom od sredstva za zakiseljavanje, te drugim dijelom od kiselog tijesta. Kombinacijom indirektnog i direktnog postupka koriste se prednosti oba postupka zakiseljavanja.Uloga sredstva za zakiseljavanje je reguliranje kiselog udjela u tijesta, dok kiselo tijesto daje potrebnu aromu.



Slika 5 Kombinirani postupak pripreme tijesta

3.2. Priprema raženog tijesta

Priprema raženog tijesta se odvija u nekoliko faza:

- odabir željene vrstu kruha,
- postavljanje radne recepture,
- priprema sastojaka,
- određivanje temperature vode za tijesto,
- miješenje tijesta.

3.2.1. Postavljanje radne recepture

Osnovna receptura najčešće se odnosi na 1 kg ili 10 kg brašna, odnosno na 1 l vode. Pri proizvodnji određene količine proizvoda osnovna receptura mora se pretvoriti u radnu recepturu. Zbog toga je važno izračunati ključni broj koji služi kao faktor pretvorbe.

$$ključni\ broj = \frac{željena\ količina}{količina\ po\ recepturi}$$

3.2.2. Priprema sastojaka

Priprema se odvija gotovo isto kao i kod pšeničnih tijesta, dok je razlika u upotrebi kiselog tijesta, poboljšivača za kruh i gotovih smjesa. Vrsta zakiseljavanja određuje se prema željama kupca i pogonskim uvjetima.Poboljšivači za kruh se mogu dodati sa ciljem

poboljšanja svježine i protiv plijesni, ali ako je moguće izbjegavaju se. Prilikom korištenja gotovih smjesta potrebno je dodati samo vodu i kvasac, dok su svi ostali potrebni sastojci sadržani u smjesi. Prednost gotove smjese je jednostavno rukovanje, ujednačena kvaliteta, dok su nedostaci previše dodataka, razmjerno skuplje i jednaka kvaliteta kao kod konkurenata.

3.2.3. Određivanje temperature vode za tijesto

Željena temperatura voderegulira se prema željenoj temperaturi tijesta, temperaturi brašna i temperaturi kiselog tijesta.

3.2.4. Miješenje tijesta

Danas se čak i u manjim pekarski obrtima za kvalitetno miješanje koriste se mijesilice. Zbog male količine dodataka obična ražena krušna tijesta zahtijevaju veoma malo vrijeme miješanja, te se zbog toga tijesta ne moraju intenzivno mijesiti. Potrebno je paziti na vrijeme trajanja miješanja kako bi se osigurao optimalan zamijes tijesta. Optimalno vrijeme miješanja izraženo je vremenom miješanja, temperaturom tijesta, konzistencijom tijesta, te kod nekih mijesilica i brojem okretaja ručke za miješanje. Za pripremu raženog tijesta se ne preporučuje upotreba miksera, dok su sve ostale vrste mijesilica prihvatljive.



Slika 6 Spiralna mijesilica

3.3. Odmaranje tijesta

Vrijeme odmaranja tijesta je vremenski period od završetka procesa miješanja do daljnje prerade. Vrijeme odmaranja kod tijesta koje sadrži raž ovisi o vrsti postupka, te o udjelu raži. Nakon pripreme tijesta indirektnim postupkom isto nije potrebno odmarati, dok se za tijesta pripremljena direktnim postupkom i miješana krušna tijesta sa velikim udjelom pšeničnog brašna savjetuje mirovanje od najmanje 20 minuta. Vrijeme odmaranja tijesta je obrnuto proporcionalno vremenu pripreme tijesta. Glavna zadaća odmaranja tijesta je naknadno bubrenje i postizanje odgovarajućeg stupnja fermentacije. Međufermentacije tijesta je potrebna kod većine kruhova i peciva kako bi se postiglo kvalitetnije oblikovanje, međutim za tijesta s velikim udjelom raženog brašna to vrijeme se može skratiti.

3.4. Obrada raženog tijesta

Obrada raženog tijesta obuhvaća postupke odvage tijesta, oblikovanja tijesta te završnu fermentaciju.

3.4.1. Odvaga tijesta

Na osnovu gubitaka koji nastaju u proizvodnji instalira se stroj za odvagu tijesta. Gubici nastaju kod fermentacije i pečenja, te se isti moraju uzeti u obzir prilikom odvage tijesta. Gubici pri fermentaciji nastali djelovanjem kvasca i isparavanjem vode, te gubici pri vaganju do kojih dolazi netočnim vaganjem iznose u prosjeku 1 do 3%. Gubitak pri pečenju za ražene i miješane ražene kruhove ovisi o različitim faktorima te oni u prosjeku iznose 11 do 16,5% ovisno o masi kruha. Prilikom vaganja potrebno je osigurati minimalnu masu kruha koja iznosi 250 g. Vaganje i dijeljenje raženog tijesta može se odvijati ručno i/ili automatski. U mnogim pekarama koriste se obje metode ovisno o količini tijesta. Ručno vaganje se provodi jednostavnim vaganjem željene količine tijesta. Automatsko vaganje obavlja se na automatskoj djelilici koja se može puniti ručno, pomoću elevatora ili automatski pražnjenjem tijesta iz posude. Automatskim procesom vaganja ne određuje se masa tijesta već njegov volumen.

Djelilice tijesta se prema principu rada mogu podijeliti na:

- usisne (vakumske) djelilice,
- potisne djelilice,
- komorne djelilice.

3.4.2. Oblikovanje raženog tijesta

Oblikovanje tijesta ovisi prvenstveno o vrsti kruha i njegovom obliku, te ovisno o tome može imati manje ili više koraka. Oblikovanje se može izvoditi ručno i strojno. Ovisno o kapacitetu pogona i samoj vrsti kruha odabire se ručno ili strojno oblikovanje.

Ručno oblikovanje

Ražena tijesta se ne smiju čvrsto obrađivati za razliku od pšeničnih tijesta, te je ista potrebno presavinuti, odnosno lagano okruglo primjesiti kako bi se dobila ujednačena poroznost i oblik. S obzirom da ne sadrže glutensku mrežu ražena i ražena miješana tijesta nakon okruglog oblikovanja nije potrebno odmarati.

Strojno oblikovanje

Prilikom proizvodnje kruha koja sadrže raženo brašno primjenjuju se dvije različite vrste zaobljivačica:

- tračna zaobljivačica,
- stožasta zaobljivačica.

Kod tračne zaobljivačice komadi tijesta se okruglo oblikuju između dvije trake koje se kreću u suprotnom smjeru. Prilikom oblikovanja tijesta u stožastoj zaobljivačici dobiju se čvršći komadi tijesta nego na tračnoj zaobljivačici. U stožastoj zaobljivačici okruglo oblikovanje tijesta se postiže pomoću rotirajućeg metalnog stožca koji ima okomite utore. Razlikujemo dva oblika kruha:

- okrugli oblik i
- duguljasti oblik.

Okrugli kruh se dobiva tako da se tijesni komadi okruglo premijese, te odlažu na potezne aparate ili u košarice za fermentaciju.

Duguljasti kruh nastaje laganim presavijanjem krajeva tijesta, te se izduži i izvanja na željenu dužinu. Prilikom presavijanja i izduživanja tijesta potrebno je paziti da se dobije pravilan završetak.

3.4.3. Fermentacije tijesta

Pod završnom fermentacijom podrazumijeva se vrijeme koje prođe od završnog oblikovanja tijesta do trenutka stavljanja u peć. Tijekom završne fermentacije komadi tijesta se opuštaju i dobivaju na volumenu. Uslijed djelovanja kvasca i bakterija mliječne kiseline proizvodi se ugljični dioksid što se očituje u poroznosti tijesta. Završna fermentacije može se odvijati na različite načine ovisno o vrsti kruha i odvijanju procesa u pogonu:

- u košaricama,
- u kalupima,
- na daskama za fermentaciju,
- na poteznim aparatima
- na ručnicima,
- u košaricama od prešanog triješća.

Mekana ražena tijesta često se stavljaju na fermentaciju u košarice ili kalupe. Za završnu fermentaciju poželjno je da se odvija u prostoru kontrolirane temperature i relativne vlažnosti tj. U statičnim ili protočnim fermentacijskim komorama. Temperatura fermentacijeske komore ne smije biti veća od 40 °C. Vrijeme fermentacije se razlikuje od kruha do kruha, ali u pravilu iznosi 20 do 50 minuta. Kod fermentacije u košaricama poželjno je koristi drvene košarice jer preuzimaju vlagu i time smanjuju znojenje pri fermentaciji. Fermentacija na poteznim aparatima odvijaju se na pobrašnjenoj površini sa rubom prema gore. Ranije se za posipanje površine koristilo drveno brašno, ali ono danas više nije dopušteno. Za ražena tijesta s udjelom raži iznad 60% teško je izvedivo reguliranje vremena fermentacije.

Za određivanje završetaka fermentacije potrebno je iskustvo i stručno znanje, naročito kod ručnog ocjenjivanja. Završetak fermentacije raženog tijesta moguće je odrediti laganim pritiskom po površini tijesta, odnosno promatranjem tijesta i empirijskim utvrđivanjem napetosti tijesta. Loše fermentirati tjesteni komadi posljedica su nedovoljno fermentiranog ili prefermetiranog tijesta. Nedovoljno fermentirano tijesto ima sitnu poroznost, mali volumen te okrugli oblik kruha, dok prefermentirano tijesto ima veliku poroznost, izdužene pore i nizak, te izdužen oblik. Ražena tijesta su puno osjetljivija u toleranciji fermentacije za razliku od pšeničnog tijesta. Proces fermentacije raženih tijesta moguće je usporiti djelovanjem temperature. Razlikuje se odgođena i prekinuta fermentacije. Odgođena fermentacija odvija se blizu granice smrzavanja na - 5 °C. Odgoda fermentacije rijetko se primjenjuje kod raženih kruhova, dok se djelomično primjenjuje kod raženih peciva. Prekinuta fermentacija stanje potpunog mirovanja svih procesa zrenja i vrenja u tijestu smrzavanjem tijesta na temperaturi - 7 °C do – 18 °C. Prekid fermentacije rijetko se provodi kod raženog kruha jer posljedica smanjenje kvalitete.

3.5. Pečenje raženih proizvoda

Tijekom procesa pečenja dolazi do pretvorbe vlažnog, neprobavljivog tijesta u lako probavljiv proizvod. Potrebno je poznavati procese koji se događaju tijekom pečenja jer isti utječu na kvalitetu proizvoda.

3.5.1. Pekarske peći

Peć je središte upravljanja svake pekare. Današnje moderne peći sve više nalikuju strojevima za pečenje. Prilikom nabave peći u obzir se uzima mnogo različitih zahtjeva na osnovu kojih postoje razne vrste pekarskih peći.

Etažna pekarska peć objedinjuje mnogo različitih zahtjeva. Najvažnija obilježja etažnih peći su: ušteda prostora, brza promjena temperature, automatsko punjenje, ušteda energije. Neki od nedostataka takvih peći da sve etaže imaju jednake uvjete, te visoka cijena nabave.



Slika 7 Etažna peć

3.5.2. Priprema tijesta za pečenja

Način pripreme tijesta ovisi o vrsti željenog proizvoda i načinu završene fermentacije. Glatke površine tjestenih komada prije pečenja premazuju vodom ili otopinom škroba. Kao rezultat premazivanja dobije se proizvod većeg volumena, uravnotežene smeđe boje, te sjajne površine. Navlažena površina tijesta omogućava elastičnost na početku pečenja, te dodatno povećanja volumena proizvoda. Nakon premazivanje potrebno je komade tijesta narezati ili izbosti jer se time uklanja višak plinova nastalih fermentacijom. Tijesto od čistog raženog brašna se ne narezuje jer bi se oštetila slaba struktura raženog tijesta.

Punjenje peći je korak gdje se gotovo fermentirano i pripremljeno tijesto za pečenje ubacuje u peć. Važno je da se punjenje izvede pravilno i uz što manji gubitak energije. Postoji više načina punjenja peći:

- lopatom,
- poteznim aparatima i aparatima za odlaganje,
- ručno punjenje,
- aparati za istresanje okretanjem,
- pokretnim kolicima,
- automatsko punjenje.

Punjenje lopatom obavlja se vrlo rijetko i to samo kod zidanih peći. Stavljanje tijesta u peć pomoću poteznih aparata pogodno je za punjenje etažnih i reverzibilnih peći. Ručno punjenje se koristi kod peći na izvlačenjegdje se komadi tijesta nalaze u kalupima, košaricama ili na limovima. Automatsko punjenje predstavlja najsuvremeniji način punjenja gdje komadi tijesta pomoću kontinuirane trake iz fermentacijske komore odlaze direktno u tunelsku peć.

3.5.3. Promjene u tijestu tijekom pečenja

Tijesto za raženi kruh se peče na temperaturi 260 °C. Djelovanjem pečenja kruh postaje dobro probavljiv, dobiva na aromi, stabilnosti i trajnosti. Tijekom procesa pečenja dolazi do sljedećih promjena:

- rasta tijesta u peći,
- stvaranja kore,
- stvaranja sredine.

Uslijed djelovanja topline dolazi do povećanja volumena tijesnog komada tijekom pečenja. Toplina uzrokuje širenje plinova koji nastaju fermentacijom, te pojačanu aktivnost kvasca. Na početku procesa pečenja kora mora biti elastična kako bi suvišak nastalih plinova mogao izaći iz tijesta. Djelovanjem pare odnosno održavanjem vlažne atmosfere na početku pečenja omogućava da površina tijesta ostane mekana i rastezljiva. Prilikom porasta volumena tijesta u peći dolazi do Maillardovih reakcija odnosno laganog smeđenja kore. Navedene reakcije doprinose stvaranju boje i arome proizvoda. Prilikom toplinske razgradnje molekula škroba na temperaturi iznad 120 °C dolazi do pojačanja smeđe boje kore, dok na temperaturi iznad 150 °C dolazi do karamelizacije šećernih tvari. Daljnjim porastom temperature nastaju tvari okusa i mirisa.

Boja kore ovisi o nekoliko faktora:

- temperaturi pečenja,
- trajanju pečenja,
- relativnoj vlažnosti zraka,
- mješavini brašna,
- pH vrijednosti tijesta.

Tijekom pečenja toplina se preko vodene pare i plinova vrenja prenosi u unutrašnjost kruha. Do potpunog formiranja sredine kruha dolazi kada temperatura u unutrašnjosti poraste na 98 °C. Kod raženog kruha škrob je glavni odgovoran za stvaranje sredine. Do temperature oko 60 °C amilaze razgrađuju raženi škrob u topljive šećere. Dodatkom soli tijesto je bolje zaštićeno od enzimske razgradnje. Na temperaturi 78 °C alkohol nastao vrenjem kvasaca isparava zajedno s kiselinama, te stvara aromatske spojeve. Raženi proizvodi u usporedbi sa pšeničnim imaju vlažniju sredinu što znači i produženu trajnost. Pogreške koje se mogu dogoditi pri tvorbi sredine su da enzimska aktivnost bude previsoka ili preniska. U slučaju kada dodatkom soli i kiseline enzimska aktivnost ne spusti na prihvatljivu razinu dolazi do razgradnje škroba enzimima, te nema stvaranja pravilne sredine kruha. Kod slabe enzimske aktivnosti stvara se suha sredina koja daje slabu svježinu.

3.5.4. Proces pečenja

Proces pečenja je najvažniji proces u proizvodnji kruha. Pečenje je proces kojim se iz sirovog i nejestivog tijesta dobiva probavljiv i jestiv proizvod.

Na tijek procesa pečenja može se utjecati mijenjanjem nekih od sljedećih faktora:

- temperature pečenja,
- dodatak pare,
- vrijeme pečenja.

Sva tri faktora međusobno utječu jedni na druge, te se uvijek moraju promatrati zajedno. Pri pečenju bitno je brzo stvaranje kore da spriječi izlazak plinova iz tijesta. Upravo je za to odgovorna relativno visoka temperatura pečenja. Raženi proizvodi obično zahtijevaju više temperaturu pečenja u odnosu na pšenične proizvode. Obično temperatura pečenja raženog kruha iznosi 270 - 200 °C. Kruh sa raženim brašnom peče se padajućom temperaturom. Da bi se dobila jaka kora, kruh je potrebno kratko vrijeme peći na visokoj temperaturi.

Vodena para omogućava rastezljivost kruha tj. prilikom rastezanja štiti koricu kruha od pucanja. Ovisno o količini dodane pare moguće je mijenjati sljedeća svojstva kruha:

- oblik,
- volumen,
- sjaj,
- udio kore.

Kruh koji se peče s visokim udjelom pare za posljedicu ima koricu koja se rasteže i puca na najslabijim mjestima. Takav kruh je velikog volumena s vrlo sjajnom površinom. Suprotno tome, kruh koji se peče bez pare za posljedicu ima mali volumen s velikim udjelom kore, te rupičastom i mat površinom.

Vrijeme pečenja raženih proizvoda uglavnom ovisi o masi tijesta i obliku proizvoda, načinu pečenja (slobodan oblik, kalup), željenim svojstvima kruha, sistemu pečenja te načinu vođenja proizvodnje tijesta.

Raženi kruh ima duže vrijeme pečenja u odnosu na pšenični kruh i to 10 – 15 min, ako se uzme u obzir da se peče na jednakoj temperaturi. Ako se prilikom pečenja raženog kruha koristi kalup, vrijeme pečenja će se dodatno povećati iz razloga što je dotok topline u sredinu kruha moguć samo sa donje i gornje strane tijesta. Struktura kruha također može utjecati na vrijeme pečenja. Primjerice, s povećanjem udjela raži u krušnim tijestima nastaje struktura sa sitnim porama kroz koje toplina ne može tako lako prodrijeti u unutrašnjost proizvoda.

3.5.5. Završetak pečenja raženih proizvoda

Kako bi se postigla optimalna kvaliteta proizvoda vrlo je važno znati odrediti pravilno vrijeme pečenja. Temeljem trajanja pečenja i temperature pečenja, ocjenjivanja boje kore, probnog kucanja i mjerenja temperature sredine može se odrediti stupanj pečenosti proizvoda. Za određivanje točnog vremena pečenja na temelju ocjenjivanja kore i njezine boje potrebno je mnogo iskustva. U manjim pogonima za proizvodnju kruha određivanje završetka pečenja provodi se probom kucanja. Kruh se izvadi iz peći, okrene se i pokuca se po dnu proizvoda. Pečeni kruh treba dati zvonki ton.

Mjerenje temperature sredine kruha predstavlja najtočniju metodu za određivanje završetka pečenja. Kada temperatura sredine kruha iznosi 98 °C završen je proces tvorbe sredine i proces pečenja. Za dobivanje sjajnog proizvoda, nakon procesa pečenja potrebno ih isti premazati. Premazivanje je moguće provesti vodom i otopinom dekstrina.

Proces hlađenja provodi se na drvenim policama ili trakama za hlađenje. Cilj hlađenja je izlazak slobodne pare iz kruha što štiti kruh od mogućeg mekšanja kore. Pojam radman podrazumijeva dobivenu količinu proizvoda iz 100 kg brašna. Što je veći udio raženog brašna to je veći radman kruha.

4. LITERATURA

Albrecht T, Ehrlinger H.G, Willeke E, Schid E: *Priručnik o pekarstvu i slastičarstvu (teorija i praksa),* TIM ZIP d.o.o., Zagreb, 2010.

Bushuk W: Ryeproductionandusesworldwide. *American AssociationofCerealChemist*46:70-73, 2001.

Schünemann C, Treu G: *Tehnologije proizvodnje pekarskih i slastičarskih proizvoda,* TIM ZIP d.o.o., Zagreb, 2012.