

# Primjena brašna od ekstrudiranog integralnog kukuruza u pekarstvu

---

**Tomić, Alen**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:120061>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-11**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Alen Tomić**

6731/PT

**PRIMJENA BRAŠNA OD EKSTRUDIRANOG INTEGRALNOG KUKURUZA U PEKARSTVU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Kemija i tehnologija žitarica

**Mentor:** Doc. dr. sc. Dubravka Novotni

**Zagreb, 2017.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija**

**Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo**

**Laboratorij za kemiju i tehnologiju žitarica**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija**

**Primjena brašna od ekstrudiranog integralnog kukuruza u pekarstvu**

***Alen Tomić, 0119015396***

**Sažetak:** Danas sve veći broj ljudi pokazuje interes za hranom bez udjela pšenice ili s povećanim udjelom vlakana zbog brige za zdravlje. Kao alternativa bijelom pšeničnom brašnu u pekarskoj industriji se može upotrijebiti brašno od ekstrudiranog integralnog kukuruza. Stoga su u ovom radu ispitana fizikalna svojstva integralnog kukuruznog koncentrata, te reološka svojstva tijesta, prinos i svojstva kruha pečenog s dodatkom 30% integralnog kukuruznog koncentrata u recepturi. Kukuruzni je koncentrat naspram kukuruzne krupice tamnije nijanse, žuće, zasićenije boje s intenzivnijim tonovima. Tijesto s 30% kukuruznog koncentrata je pokazalo povećano upijanje vode za 10,7%. Probnim pečenjem su dobivena kukuruzna miješana peciva dobrog volumena ( $1,96 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) i izgleda, izražene žute boje i sjajne kore.

**Ključne riječi:** ekstruzija, instant brašno, integralni kukuruz, pekarski proizvod

**Rad sadrži:** 25 stranica, 8 slika, 6 tablica, 15 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno- biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb**

**Mentor:** doc.dr.sc. *Dubravka Novotni*

**Pomoć pri izradi:** doc.dr.sc. Nikolina Čukelj, dipl.ing. Bojana Voučko, bacc. ing. agr. Lidija Drobac

**Rad predan:** 19. rujna, 2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**

**Faculty of Food Technology and Biotechnology**

**University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food Engineering**

**Laboratory for Cereal Chemistry and Technology**

**Application of extruded whole grain maize flour in bakery industry**

***Alen Tomić, 0119015396***

**Abstract:** Nowadays, more and more people are showing interest for food without wheat or high in fiber because of health concerns. Extruded whole grain maize flour can be used as an alternative raw material to white wheat flour in bakery industry. Therefore, in this work, physical properties of extruded integral maize flour, dough rheology and characteristics of bread made with added 30% of extruded whole grain maize flour in wheat formula were investigated. Corn concentrate was of darker, yellower and more saturated colour with intensive tones than corn meal. Dough with corn concentrate had increased water absorption by 10.7%. Baked maize bans had good volume (1.96 cm<sup>3</sup>/g) and shape, with distinguished yellow colour and shiny crust.

**Keywords:** bakery product, extrusion, instant flour, whole grain maize

**Thesis contains:** 25 pages, 8 figures, 6 tables, 15 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** PhD *Dubravka Novotni, assistant prof.*

**Technical support and assistance:** PhD. Nikolina Čukelj, assistant prof., dipl.ing. Bojana Voučko, bacc. ing. agr. Lidija Drobac

**Defence date:** 19<sup>th</sup> September, 2017.

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. KUKURUZ .....	2
2.1.1. KUKURUZNI KRUH .....	3
2.2. EKSTRUZIJA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI .....	4
2.2.1. EKSTRUDIRANA INSTANT BRAŠNA .....	7
2.2.2. UTJECAJ EKSTRUZIJE NA NUTRITIVNU VRIJEDNOST KUKURUZNOG BRAŠNA .....	9
3. MATERIJALI I METODE .....	12
3.1. SIROVINE .....	12
3.2. OPREMA .....	13
3.3. ODREĐIVANJE VLAGE U KUKURUZNOM KONCENTRATU .....	14
3.4. ODREĐIVANJE BOJE PO CIEL a*b* SISTEMU .....	14
3.5. ODREĐIVANJE VISKOZNOSTI POMOĆU MICRO VISCO-AMYLO GRAPHA .....	15
3.6. REOLOGIJA TIJESTA .....	15
3.7. PEČENJE KUKURUZNOG PECIVA S KUKURUZNIM KONCENTRATOM .....	16
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	18
4.1. UDJEL VLAGE .....	18
4.2. BOJA EKSTRUDATA .....	18
4.3. VISKOZNOST PASTE EKSTRUDATA .....	19
4.4. REOLOGIJA TIJESTA S KUKURUZNIM KONCENTRATOM .....	20
4.5. PRINOS I SVOJSTVA KRUHA .....	21
5. ZAKLJUČAK .....	23
6. POPIS LITERATURE .....	24

## **1. UVOD**

Danas sve veći broj ljudi pokazuje interes za hranom bez udjela pšenice i glutena zbog potencijalne zdravstvene zabrinutosti. Kukuruz i kukuruzno brašno su optimalna alternativa takvim zahtjevima kupaca jer ponajprije ne sadrže gluten, a kao žitarica je svjetski rasprostranjena u uzgoju te nutritivno vrlo zadovoljavajuća i ekonomski isplativa. Integralno kukuruzno brašno je lako probavljivo, visoko kalorično i nutritivno vrlo bogato ponajprije sa mineralima i vlaknima te kao takvo poželjno u pekarskoj industriji.

Kontinuirana inovacija hrane i zahtjevi za višom kvalitetom prisiljavaju adaptaciju brašna sverastućim potrebama za funkcionalnošću. Modifikacija funkcionalnosti škrobnih sastojaka s hidrotermalnim procesima kao što je ekstrudiranje, postaje od velikog interesa, jer se u velikoj većini slučajeva postižu ta poboljšanja svojstava, a da se pritom zadrži 'clean label' procesa, bez umjetnih sastojaka i kemikalija.

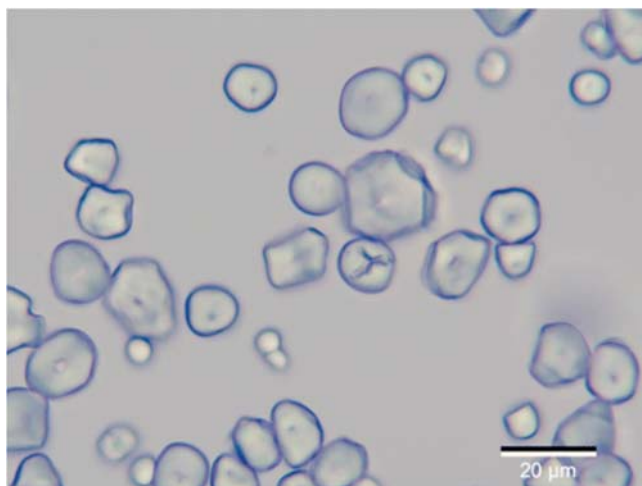
Iz gore navedenog, cilj ovog rada bio je ispitati i usporediti karakteristike koncentrata dobivenog ekstruzijom integralne krupice u odnosu na samu krupicu, obzirom na boju i viskoznost. Nadalje, određena je reologija tijesta te prinos i volumen kruha pečenog s kukuruznim koncentratom u udjelu 30% u odnosu na pšenično brašno.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. KUKURUZ

Članovi botaničkih vrsta iz porodice Graminae, u koju su i uključene žitarice, proizvode jednosjemenno suho voće ustaljenijega naziva zrno ili žitarica. Među njima, riža, pšenica i kukuruz su najintenzivnije uzgajane diljem svijeta. Kukuruz je važna žitarica u prehrani stanovništva te se godišnje proizvede otprilike 800 milijuna tona, tvoreći 35% od ukupne proizvodnje žitarica i 32% ukupnih obradivih površina za 2010. godinu u svijetu. Između ostalog, kukuruz opskrbljuje stanovništvo Afrike sa 15% ukupnih kalorija i proteina te 7% masti dok su Sjedinjene Američke Države najveći proizvođač sa preko 50% udjela od ukupne svjetske proizvodnje (Martinez, 2015), dok se u Europi najviše proizvodi u Francuskoj. Ova žitarica se na svijetu proizvodi najviše zahvaljujući vrlo visokoj mogućnosti adaptacije različitim ekosustavima, ali i zahvaljujući industriji bioetanolu i hrane za životinje (oko 85% proizvodnje kukuruza odlazi u ove dvije industrije). Genetski inženjering i proizvodnja visoko prinostnih hibrida su također pridonijeli porastu proizvodnje kukuruza.

Struktura ovih industrijski važnih žitarica je bitna u mnogim aspektima tehnologije kao na primjer mljevenju. Ipak, važno je istaknuti visoki udio škroba koji iznosi otprilike 65-70% mase zrna (Martinez, 2015). Žitarice su važan dio ljudske prehrane jer veliki dio ljudske hrane dolazi u obliku škroba koji je glavni sastojak mnogih proizvoda kao što je kruh, žitarice za doručak, riža, tjestenina, umaci, itd. Škrob se može razgraditi do glukoze koja opskrbljuje tijelo s energijom. Uz to, važan je zbog svojeg utjecaja na fizikalna svojstva mnogih prehrambenih proizvoda kao na primjer za želatinizaciju pudinga, ugušćivanje umaka, strukturu kruha i njegovo starenje, u slastičarstvu itd. Također se može industrijski procesirati u škrobni sirup koji se koristi kao zaslađivač u hrani i bezalkoholnim pićima kao i u nekoliko fermentacijskih procesa. Stoga je razumijevanje škroba i njegovih modifikacija važno u rasvjetljivanju svojstva brašna nastalih iz žitarica. Škrobne granule kukuruza su slične jedna drugoj po veličini (20  $\mu\text{m}$  u radijusu) te obliku koji varira od poligonalnog do gotovo sferičnog oblika te su im svojstva, dosada poznato, ista (slika 1).



Slika 1. Izolirane granule kukuruznog škroba pod svjetlosnom fotomikrografijom (Martinez, 2015)

### **2.1.1. KUKURUZNI KRUH**

Tradicionalno, glavna sirovina za proizvodnju kruha je kukuruzno brašno. Kukuruzno brašno je proizvod dobiven mljevenjem zdravog i čistog zrna kukuruza (*Zea mays everta* i *Zea mays microsperma*) bez klice.

Kukuruzno brašno i krupica su blijedožute do tamnožute boje, ovisno o boji zrna. Žuta se brašna više cijene jer potječu od sitnozrnih vrsta kukuruza koje imaju više hranjivih sastojaka i daju bolji okus. Za proizvodnju kruha koristi se uglavnom brašno čija je veličina od 150 μm do 350 μm. Temperatura klajsterizacije brašna kukuruza kreće se oko 80 °C.

Miješani kukuruzni kruh se proizvodi od mješavine pšeničnog i kukuruznog brašna (najmanje 30% prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica, 2016) i drugih sastojaka. Ekstrudat kukuruznog brašna se može koristiti za proizvodnju miješanog kukuruznog kruha direktnim postupkom, kako bi se izbjeglo parenje, odnosno indirektni postupak gdje se brašno mora pariti sa provrelom vodom (temperature 100 °C) da bi se provelo što bolje bubrenje granula škroba. Najbolja temperatura za želatinizaciju je 120 °C. Ova temperatura bi se trebala zadržati toliko dugo dok svaka granula škroba ne dođe u kontakt sa vodom. Ovakva metoda podrazumijeva i poskupljenje procesa proizvodnje kruha.

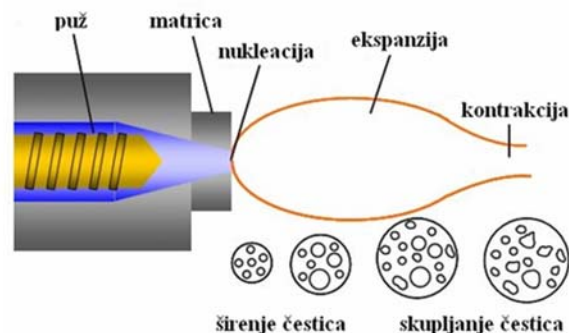


Osnovne sirovine u proizvodnji kruha su brašno, kvasac, sol i voda. Sve se sirovine dodaju u odnosu na količinu brašna. Osim tih osnovnih postoje još pomoćne sirovine i poboljšivači u proizvodnji kruha.

Zbog zamjene djela pšeničnog brašna iz osnovne recepture sa kukuruznim ekstrudatom (za koji se zna da nema sposobnost stvaranja tijesta, odnosno nema glutena) preporuča se u zamjes dodati određenu količinu glutenskog brašna koje poboljšava sposobnost zamjesivanja tijesta i sposobnost zadržavanja plinova u tijestu. Konzistencija ili tvrdoća tijesta ima velik utjecaj na prinos tijesta, pa tako tvrđa tijesta daju manji prinos kruha nego mekanija tijesta (Dujmić, 2007).

## **2.2. EKSTRUZIJA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

Tehnologija ekstrudiranja prisutna je u različitim granama industrije već dugi niz godina. Sama riječ „ekstrudiranje“ znači oblikovanje mekih i plastičnih materijala pomoću puža, koji potiskuje masu da „teče“ kroz otvore ili matrice. Pri tome se mogu mijenjati jedan, ili više parametara procesa u različitim fazama obrade materijala, što rezultira različitim karakteristikama dobivenog proizvoda. Temperature unutar ekstrudera iznose preko 100 °C, ali visok pritisak koji vlada u cijevi onemogućava isparavanje vode iz vlažne prehrambene sirovine. Potiskivanjem kroz specifični otvor i izlaskom iz polja visokog pritiska, voda iz mase naglo isparava, uslijed čega dolazi do širenja u manjoj ili većoj mjeri. U nastavku procesa materijal se dalje hladi, očvršćuje i skuplja. Drugim riječima, čitav postupak (slika 2) podrazumijeva nekoliko pojedinačnih operacija mješanja, kuhanja, gnječenja, smicanja, i oblikovanja produkta, pri uvjetima djelovanja visoke temperature u kratkom vremenu (High Temperature-Short Time, HTST) (Ivanov, 2009).



Slika 2. Ekspanzija i naknadno očvršćivanje čestica (Ivanov, 2009)

Proces ekstrudiranja prvi put se spominje 1797. godine u Engleskoj, kada ga je Joseph Braham primjenio za proizvodnju sapuna, pasti i mase za crijep, upotrebom ručne pištolj-prese. Jednostavan i jeftin mehanički ekstruder prvobitno je razvijen u SAD šesdesetih godina dvadesetog stoljeća, a primjenjivan je na farmama za kuhanje sojinog zrna i stočne hrane od žitarica. Glavni razlog za obradu sojinog sjemena bila je termička inaktivacija tripsin-inhibitora (inhibitor rasta). Samo desetljeće kasnije, dizajnirani su jeftini ekstruderi za upotrebu u prehrambenoj industriji, čija je cijena bila dovoljno pristupačna da bi se koristili i u slabije razvijenim zemljama. Prvi dvopužni ekstruderi proizvedeni su u Europi prije više od trideset pet godina, ali im u SAD-u nije pridavana velika pažnja, sve do ranih osamdesetih godina prošlog stoljeća. Suvremeni dizajn ovih uređaja povećao je njihovu zastupljenosti u proizvodnji hrane za ljude i životinje. Danas se koriste za kuhanje, oblikovanje, miješanje i teksturiranje, pod uvjetima koji osiguravaju visoku kvalitetu i produktivnost, a smanjuju troškove proizvodnje (Ivanov, 2009).

Principijelna prednost ekstrudiranja nad tradicionalnim metodama proizvodnje hrane vidi se prvenstveno u znatno široj primjenjivosti i prilagodljivosti te stalnoj potrebi potrošača za novim proizvodima. Minimalne promjene u sastojcima i uvjetima rada uređaja, značajno utječu na rezultirajuće karakteristike proizvoda. Veoma jednostavno se mogu dobiti različiti oblici hrane, što se ovolikom lakoćom ne postiže niti u jednoj drugoj tehnologiji. Ekstruderi rade pri relativno niskom sadržaju vlage, čime se štedi energija potrebna za sušenje proizvoda. Prostor potreban za obavljanje svih operacija je znatno manji, nego kod tradicionalnih sustava za termičku obradu. Također su manji i troškovi eksploatacije uređaja. Uštede na sirovinama iznose oko

19%, radnoj snazi 14%, a kapitalnim investicijama 44% (Ivanov, 2009). S obzirom da je ekstrudiranje kratkotrajan tretman visokom temperaturom, degradacija nutritijenata svedena je na minimum, a denaturacijom proteina i želatinizacijom škroba povećava se probavljivost hrane. Veoma je važno spomenuti i da su nusprodukti i gubici tokom procesa gotovo zanemarivi, što je, gledano sa strane zaštite životne sredine i regulacije prerade otpadnih materijala, posebno bitno. Rezultati koji se dobivaju u laboratorijskim uvjetima i pilot postrojenjima reproduktibilni su na industrijske uvjete proizvodnje, čime je proces ugradnje i pokretanja u tvornicama pojednostavljen.

Ovisno o konstrukciji samog uređaja (suhi, vlažni, jednopužni, ili dvopužni ekstruder), na obrađivanoj masi se događaju sljedeće promjene (Ivanov, 2009):

- 1) Aglomeracija: sastojci se sudaraju i povezuju u odvojene komadiće.
- 2) Otplinjavanje: sastojci se oslobađaju plinovitih „džepova“.
- 3) Dehidratacija: tokom normalne ekstruzije dolazi do gubitka vlage, a količina varira od 4 do 7% u odnosu na početni sadržaj, pri proizvodnji hrane za životinje.
- 4) Ekspanzija: podešavanjem parametara ekstrudiranja može se regulirati gustoća dobivenog proizvoda (što je naročito bitno kod hrane za ribu, jer određuje hoće li materijal plutati na površini vode ili potonuti).
- 5) Želatinizacija: termička obrada tokom ekstrudiranja ubrzava želatinizaciju škroba, neovisno od njegovog porijekla.
- 6) Mljevenje: prilikom prolaska kroz cijev ekstrudera, sastojci se mogu usitniti do određenog stupnja.
- 7) Homogenizacija: nepoželjni sastojci se restrukturiraju do prikladnijih i prihvatljivijih oblika, čime se materijal djelomično homogenizira.
- 8) Mješanje: različitost dostupnih puževa za sve vrste ekstrudera omogućava dobro miješanje za sve odnose dodanih komponenata.
- 9) Pasterizacija i sterilizacija: uslijed primjene povišenih temperatura, materijal se može pasterizirati ili sterilizirati.

- 10) Denaturacija proteina: proteini životinjskog i biljnog porijekla se pri termičkoj obradi denaturiraju, čime postaju probavljiviji za ljude i životinje.
- 11) Oblikovanje: jednostavnom promjenom matrice na kraju cijevi ekstrudera, lako se mogu dobiti proizvodi najrazličitijih oblika.
- 12) Smicanje: specijalni oblici cijevi ekstrudera osiguravaju željeno smicanje, što je od naročitog značaja u proizvodnji hrane za životinje.
- 13) Promjena teksture: tokom ekstrudiranja mijenja se tekstura, kako sa fizičkog, tako i sa kemijskog aspekta.
- 14) Termička obrada: postiže se željeni učinak kuhanja.
- 15) Sjedinjavanje: odabirom polaznih sirovina u različitim odnosima, utječe se na karakteristike konačnog proizvoda, koji nakon tretmana postaje jedinstvena masa

### **2.2.1. EKSTRUDIRANA INSTANT BRAŠNA**

Uz kiseline, u tijestu od brašna se u pekarstvu upotrebljavaju i druge djelotvorne sirovine. Na prvom mjestu je instant brašno, a to su sva brašna čiji je škrob klajsterizirao tako da zbog toga dodatkom vode na sobnoj temperaturi bubre te se pretvaraju u gustu masu. Instant brašna se proizvode toplinskom obradom brašna žitarica uz dodatak vode na valjcima za sušenje pri čemu se kukuruzno brašno pomiješa s vodom u omjeru 1:2-2:2, zagrijava i na kraju nanosi u tankom sloju na valjak na čijoj površini se suši, skida s valjka te u obliku suhih listića melje. Danas se zbog skupoće gore navedenog postupka koristi postupak ekstrudiranja te kod njega dodatak vode iznosi 8-10%, računato na brašno. Na visokim temperaturama (140-180°C) u ekstruderu se snagom potiskivanja uz visok tlak škrob klajsterizira, a bjelančevina denaturira. Na kraju procesa na sapnicama ekstrudera izlazi ekstrudat pri čemu se oslobađa tlačna energija iz unutrašnjosti ekstrudera, brašno ekspandira te voda isparava. Ekspandirani ekstrudat se nakon kraćeg vremena hlađenja melje u instant brašno. Sadržaj vode u instant brašnima kreće se od 5-10%. Ovisno o vrsti sirovine koja se ekstrudira (tip žitarice, odnosno brašna) sadržaj škroba, a time i sposobnost upijanja vode instant brašna se jako razlikuje. Instant brašna, nasuprot neklajsteriziranim brašnima, imaju veliku sposobnost vezanja vode i mogućnost reguliranja različite tvrdoće tijesta. Tijekom procesa pečenja instant brašno predaje vodu još

neklajsteriziranom škrobu brašna i time povećava mekoću sredine kruha te je nasuprot brašnenom škrobu lako podložan djelovanju enzima i izvor je šećera koje kvasac fermentira, što za posljedicu ima brži rast tijesta i povećanje njegove moći dizanja. Dodatak instant brašna, računato na ukupno brašno, iznosi 1-1,5 %. Velika moć upijanja instant brašna omogućuje također da se tekući dijelovi poboljšivača dobiju u praškastom obliku kako bi bili pogodni za rukovanje i doziranje (Bode i sur., 1999).

Kada se provede grijanje s dovoljnom količinom vode (s prethodnom hidratacijom brašna ili škroba), počinju se događati morfološke promjene unutar granula škroba. Raspon tih promjena ovisi ponajprije o procesnim uvjetima kao što je temperatura i vlaga. Ti hidrotermalni procesi svrstani su u dvije važnije grupe: oni koji se izvode ispod temperature želatinizacije pritom sačuvajući postojanost granula škroba te oni čiji proces se izvodi iznad temperature želatinizacije s čime se ireverzibilno uništava molekularni red granule škroba, odnosno nastupa želatinizacija, čime škrob postaje skloniji bubrenju i povećanju viskoznosti u kontaktu s vodom. Jedan od najčešćih načina takvog procesa je ekstruzija koja uključuje izlaganje brašna visokim temperaturama i mehaničkom mljevenju s dovoljnom količinom vode da pokrene želatinizaciju škroba. Osim želatinizacije, tretman također omogućuje pucanje lanaca amiloze i amilopektina (dekstrinizacija), denaturaciju proteina, enzimsku (in)aktivaciju i Maillardove reakcije, čiji raspon reakcije ovisi o parametrima procesa ekstruzije. Ovim učincima su doprinosi razmatanje proteina i skupljanje te želatinizacija škroba koja povećava broj hidroksilnih grupa dostupnih za stvaranje vodikovih veza s proteinima. Što se tiče sposobnosti pjenjenja, ekstruzija ju povećava te takva i ostala emulgirajuća svojstva čine ekstrudirana brašna pogodnima za bezglutenske proizvode. Svojstva tijesta su također vrlo povezana s intenzitetom ekstruzijskih uvjeta. Općenito, viskoznost se tijekom zagrijavanja i hlađenja smanjuje s povećanjem intenziteta ekstruzije, no kada je ona dovoljno jaka da proizvede zavidni udio želatiniziranog škroba, zapažena je visoka inicijalna viskoznost na 50°C. Različita moć zgušnjavanja ekstrudiranih brašna također utječe na reakcijske mehanizme drugih komponenti kao što su hidrokoloidi, dajući rast u drugim procesima zagrijavanja i hlađenja. Stoga je bitna prisutnost ovih brašna u bezglutenskim pekarskim proizvodima u koheziji s drugim sastojcima kao što su hidrokoloidi u kojima je viskoznost tijesta i konzistentnost presudna za postizanje poželjnog volumena. Visoka sposobnost zadržavanja vode u ovim brašnima ih također može pretvoriti u idealnu zamjenu za masti dodajući ekstrudirana brašna u određenim količinama u kolače i majonezu, iako u nekim slučajevima ne mogu djelovati samostalno, nego uz pomoć emulgatora. Funkcijska modifikacija

želatiniziranog brašna, a posebno njihov viši kapacitet absorpcije vode, se može uzeti u obzir pri pečenju kruha zbog povećavanja konzistentnosti tijesta i smanjenja tipične suhoće kruha. Želatinizirana brašna se mogu razmatrati i zbog različite osjetljivosti hidrolize škroba različitim enzimima kao što su amilaze, glukoamilaze ili maltogene  $\alpha$ -amilaze u cilju stvaranja novih molekula za specifične proizvode na bazi žitarica (Martinez, 2015).

Povećanje proteina ili glutena, amiloze i vode u ulaznoj sirovini rezultira u povećanoj krutosti i tvrdoći ekstrudiranog proizvoda. Za ekstrudirani kukuruz, visoki udio vlage povećava otpor pucanju. Temperatura taljenja odgovara nestanku nativnih kristala škroba pri niskom udjelu vlage te također varira kao funkcija omjera vode i vrste sirovine. Postoje razne varijable u procesu ekstruzije (ekspanzija, topljivost, mehanička svojstva) dok je utisak specifične mehaničke energije jedna od varijabli koja kontrolira ostale varijable (Ryu i Ng, 2001).

### **2.2.2. UTJECAJ EKSTRUZIJE NA NUTRITIVNU VRIJEDNOST KUKURUZNOG BRAŠNA**

Među različitim procesnim tehnikama koje se koriste u proizvodnji stabilnih, dugotrajnih i poželjnih proizvoda od kukuruza, ekstruzija je od velike važnosti. Žitarice za doručak, snack proizvodi, suha hrana za životinje, preželatinizirana brašna i instant proizvodi od kukuruznog brašna su primjeri proizvoda baziranih na ekstruziji koja također može modificirati boju kukuruznih ekstrudata djelujući na svjetloću i boju. Osim što je važan izvor makro- i mikronutrijenata, kukuruz je usto i bogat izvor fitokemikalija uključujući fenolnu kiselinu, flavonoide, antocijane, i karotenoidne pigmente. Karotenoidi spadaju u vrstu žutih i narančastih pigmenata te ih je u prirodi zabilježeno preko 600 vrsta od kojih su mnogi dostupni u kukuruzu. Upotreba karotenoida u prehrani povezana je sa smanjenim rizikom od nekoliko kroničnih bolesti uključujući rak, kardiovaskularne smetnje i oslabljen vid. Potencijalni pozitivni učinci karotenoida zdravlje su potakli interes na biološku dostupnost tih pigmenata iz cjelovite hrane poput proizvoda baziranih na kukuruzu. Nekoliko faktora utječe na apsorpciju karotenoida, uključujući sastav namirnice, prisutnost i tip masti, tip i količina vlakana te stupanj procesiranja. Proces ekstruzije je pokazao povećanje topivih polisaharidnih komponenti te je nadalje pokazao povezivanje između lipida i vlakana tijekom procesa koje mogu limitirati dostupnost lipida za topljivost karotenoida. Raspon ovih promjena u strukturi hrane tijekom procesa može specifično

utjecati na biodostupnost karotenoida te zahtjeva daljnja istraživanja. Ipak, procesirano kukuruzno brašno pruža dobar izvor biološki dostupnih karotenoida (Kean i sur., 2008).

Ekspanzijske karakteristike su direktno povezane sa čistoćom, topljivosti i veličinom čestica vlakana. Izvori vlakana koji u sebi sadrže značajnu količinu proteina, ili masti imaju slabe ekspanzijske karakteristike, dok veća topljivost i manje dimenzije čestica pospješuju ovaj proces (Ivanov, 2009).

Prednost porasta topljivosti vlakana prvenstveno je u pozitivnim učincima po zdravlje čovjeka. Viskozni gel koji formiraju ova ovi spojevi u tankom crijevu, usporava absorpciju glukoze, što preventivno djeluje na naglo povećanje razine glukoze u krvi. Mora se napomenuti da još uvijek nije sa sigurnošću utvrđeno, je li topljiva vlakna nastala tijekom ekstruzije djeluju na organizam isto, kao i prirodna. Netopljiva vlakna također imaju pozitivna djelovanja. Jedan od mogućih efekata je zaštita od karcinoma debelog crijeva.

Iako su veoma značajni u prehrani, minerali i njihova stabilnost tokom ekstrudiranja nisu mnogo proučavani, jer je poznato da su stabilni u svim ostalim procesima proizvodnje namirnica. Istraživanja su usmjerena u dva osnovna pravca: vezivanje minerala za vlakna i druge makromolekule i dodavanje minerala u zavisnosti od konstrukcije puža i cijevi ekstrudera.

Utjecaj vlakana na teksturu ekstrudiranih proizvoda ovisi ponajprije o interakcijama sa škrobom i slijedom toga o tipu vlakana i količini. Netopljiva vlakna znatno smanjuju volumen ekspanzije te povećavaju gustoću ekstrudiranih proizvoda, vodeći k jačoj strukturi. S druge strane, topljiva vlakna poboljšavaju volumnu ekspanziju pritom manje utječući na gustoću ekstrudiranog proizvoda. Razlika u volumenima između topivih i netopivih vlakana može se objasniti preko sorpcije vode, viskoelastičnih svojstava sirovine na izlazu iz ekstrudera te stabilizacije mjehura membrane tijekom njegovog nastanka. Tretmani poput smanjenja veličine čestica ili povećanja topljivosti vlakana neposredno prije ekstruzije pokazuju znatno poboljšanje u karakteristikama proizvoda sa netopljivim vlaknima. Pretpostavljajući da su u skladu sa regulativom države u kojoj se proizvode, modifikacije jestivih vlakana pružaju veliku priliku u korištenju jeftinih i potcijenjenih izvora vlakana u ekstrudiranim proizvodima (Robin i sur., 2012).

Sa stajališta ekstruzije, postoje dva oblika proteina koje bi trebalo razmatrati: denaturirani i nendenaturirani proteini. Denaturirani proteini su u pripremljenoj fazi izloženi kuhanju do stupnja pri kojem se neki od aminokiselinskih lanaca cjepaju do pojedinačnih aminokiselina, ili do kraćih

lanaca (mesni obrok, riblji obrok, ekstrahirani sojin obrok). Ovi proteini nisu u mogućnosti da želatiniraju tokom ekstruzije, tako da ne doprinose vezivnim osobinama smjese sirovih materijala. Nedenaturirani proteini su oni koji prethodno nisu bili tretirani toplinom, ili na neki drugi način. Njihovi aminokiselinski lanci su neoštećeni i pod određenim uvjetima ekstruzije, formiraju gelove na isti način kao i škrob. Ponašaju se kao vezivni materijal, pa se praktično mogu koristiti samostalno kao jedini sastojak za dobijanje teksturiranih biljnih proteina. Nedenaturirani protein u kompleksu sa škrobom može formirati stabilan proizvod u odnosu na vodu. Ipak, ukoliko su uvjeti ekstruzije preoštri, nedenaturirani protein će proći kroz stanje gela i vratiti se u inertno stanje denaturiran.



### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. SIROVINE

Ekstruzija integralne kukuruzne krupice provedena je u pogonu Naše Klasje u Pojatnom na dvopužnom ekstruderu marke Baker Perkins (slike 3-5) gdje se niz godina proizvodi koncentrat od rafinirane kukuruzne krupice kao specijalna sirovina u pekarskoj industriji za proizvodnju kukuruznog kruha, bageta, peciva, kvasno – lisnatih tjesti, toasta itd. Za proizvodnju se koristi sorta kukuruza razvijena dugogodišnjim strpljivim radom selekcionera u Slavoniji gdje se kukuruz uzgaja već nekoliko stoljeća. Sorta nije nastala genetskom modifikacijom.

Za proizvodnju kruha obogaćenim kukuruznim koncentratom korišteno je bijelo pšenično brašno, kukuruzni koncentrat Aurelia (Naše Klasje, Hrvatska), di-go instant kvasac (Kvasac d.o.o., Hrvatska), kuhinjska sol (Paška solana, Hrvatska), Ekstra pan special poboljšivač, šećer (Viro, Hrvatska) i vodovodna voda.



Slika 3. Unos kukuruzne krupice i doziranje u ekstruder (vlastita slika)



Slika 4. Dvopužni ekstruder (Baker Perkins twin extruder) (vlastita slika)



Slika 5. Mljevenje ekspanzirane kukuruzne krupice (vlastita slika)

### 3.2. OPREMA

U radu je korištena sljedeća oprema:

- Peć (Weisheu, Njemačka)

- Fermentacijska komora (Weisheu, Njemačka)
- Micro Visco-Amylo-Graph (Brabender, Njemačka)
- Farinograf (Brabender, Njemačka)
- sušnica tip ST-01/02 (Instrumentaria, Zagreb)
- uređaj za određivanje boje, Spectrophotometer CH-3500 D (Konica Minolta, Milton Keynes, UK)
- Laboratorijska vaga, nosivosti 1 kg, osjetljivosti +/- 0,1g
- Menzura, 100 ml
- Pipeta 5 ml
- eksikator

### **3.3. ODREĐIVANJE VLAGE U KUKURUZNOM KONCENTRATU**

Određivanje vlage provedeno je radi izračuna mase ekstrudata potrebne za mjerenje viskoznosti na Micro-Visco-Amylographu prema metodi AACC 44-15.02 (2010). Odvagano je 0,1 g (s točnošću  $\pm 0,0001$ ) dobro homogeniziranog uzorka ekstrudata u prethodno osušenu, ohlađenu i izvaganu aluminijsku posudicu s poklopcem. Nepokrivena posudica s uzorkom i poklopac suše na 1 sat u zračnoj sušnici pri  $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nakon isteka vremena sušenja, aluminijska posudica s uzorkom je pokrivena dok je još u sušnici, prebačena u eksikator i izvagana odmah po hlađenju na sobnu temperaturu. Ostatak predstavlja suhu tvar, a gubitak u masi udjel vode u ekstrudatu.

### **3.4. ODREĐIVANJE BOJE PO CIEL a\*b\* SISTEMU**

Objektivno mjerenje boje je temeljeno na određivanju  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  parametra koji čine trodimenzionalni spektar boja, uz korištenje uređaja koji radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerne površine. Predmet osvijetljen izvorom svjetla reflektira svjetlost kako bi se osigurala vizualna stimulacija te da bi se predmet mogao opisati preko svojih morfoloških karakteristika, veličine, oblika i specifičnih svojstava kao što su boja, prozirnost, sjajnost i tekstura. Ta specifična svojstva omogućavaju identifikaciju i pružaju dodatne informacije koji se odnose na prihvatljivost i kvalitetu hrane. Boje su opisane pomoću tri osi,

dvije kromatske: (crvena i zelena) i b (plava i žuta) te jedne akromatske osi: L (svjetlina), pri čemu je vrijednost  $L^*$  od 100 najsvjetlija (bistrija) boja uzorka (Commission Internationale DeL'Eclairage L-a-b space, 2004). Pozitivna  $a^*$  vrijednost predstavlja veće zasićenje crvenom bojom, a negativna vrijednost veće zasićenje zelenom bojom, isto tako pozitivna  $b^*$  vrijednost predstavlja veće zasićenje žutom bojom, a negativna veće zasićenje plavom bojom. Iz vrijednosti  $a^*$  i  $b^*$  se mogu izračunati vrijednosti za ton boje (h) koji pozicionira boju na bojenom krugu (tangens kuta) nekog stalnog  $L^*$ , a predstavlja vizualni doživljaj prema kojem se boja procjenjuje, i zasićenost boje (C) koja nam govori nalazi li se boja na bojenom krugu nekog stalnog  $L^*$  bliže obodu ili središtu kugle. Boje koje se nalaze bliže obodu su izraženije. Mjerenja su provedena pomoću kolorimetra (Spectrophotometer CH-3500 D, Konica Minolta) u minimalno šest paralelnih istraživanja iz kojih je potom izračunata srednja vrijednost i standardna devijacija.

### **3.5. ODREĐIVANJE VISKOZNOSTI POMOĆU MICRO VISCO-AMYLO GRAPHA**

Želatinizirajuća svojstva suspenzije vode i škroba ili brašna određena su pomoću rotacijskog viskozimetra, Micro Visco-Amylo-Grapha. Specifična geometrija mješača osigurava dobro miješanje uzorka kako ne bi došlo do sedimentacije granula škroba. Mjerni senzor se okreće u smjeru suprotnom od posude i u skladu je s viskoznošću uzorka tijekom okretanja posude. S obzirom na to da se temperatura mjeri direktno u uzorku, lako je odrediti trenutnu viskoznost za određenu temperaturu. Prilagođeni kompjuterski program Brabender Viscograph Data Corelation za Windowse omogućuje direktnu evaluaciju izmjerenih podataka (ICC, 2000).

Na uzorku kukuruznog ekstrudata provoden je test prema postavkama: početna temperatura 30 °C, zagrijavanje do 95 °C brzinom 7,5 °C/min., zadržavanje temperature 5 min., hlađenje do 50 °C brzinom 7,5 °C/min., te održavanje temperature 1 min., broj okretaja 250/min., mjerno područje 300 cmg. Dobiveni podaci prikazani su Brabenderovim jedinicama (BJ, eng.- BU) za viskoznost.

### **3.6. REOLOGIJA TIJESTA**

U mijesilicu farinografa je stavljeno  $300 \pm 0,1$  g pšeničnog brašna ili smjese pšeničnog brašna i kukuruznog ekstrudata. Mijesilica je poklopljena, a bireta je, uključivanjem vrha ispod slavine,

napunjena vodom temperature 30°C. Nakon što je brašno zagrijano 1 minutu, dodana je voda iz birete u ujednačenom mlazu u prednji desni ugao mijesilice. Kada je tijesto oblikovano, unutrašnje stijenke mijesilice očišćene su plastičnom lopaticom i mijesilica je ponovno poklopljena. Miješanje traje ukupno 15 minuta od trenutka dodavanja vode u mijesilicu (ICC, 2009).

### 3.7. PEČENJE KUKURUZNOG PECIVA S KUKURUZNIM KONCENTRATOM

Sastojci prikazani u tablici 1. su direktno pomiješani i zatim 2 minute sporo miješano i 6 min brzo miješani u farinografskoj mješalici. Izmiješano tijesto je ručno oblikovano i podijeljeno je na otprilike jednake komade (prosječne mase 71 g) zbog istih uvjeta kod pečenja i stavljeno je na fermentaciju 70 minuta prije pečenja. Pečenje je provedeno pri 230°C na 20 min.

Tablica 1. Sastojci upotrijebljeni u pečenju kukuruznog peciva

Sastojak	Masa / g	Udio / %
Pšenično brašno	245	70
Kukuruzno ekstrudirano brašno	115	30
Svježi kvasac	15	5
Sol	5,25	1,5
Šećer	6,3	1,8
Poboljšivač (Ekstra pan special)	1,5	0,5
Voda	205	68,3

Nakon potpunog hlađenja (kada se sredina peciva ohladi na sobnu temperaturu) je izmjeren volumen peciva prema standardnoj metodi AACC 10-05.01 (2001) te su izračunati prinos tijesta, prinos peciva, prinos volumena i specifični volumen te gubitak pečenjem prema sljedećim jednadžbama:

PRINOS TIJESTA = (ukupna masa sirovina / masa brašna) x 100

PRINOS KRUHA = ((masa peciva x prinos tijesta) / masa tjestanog komada) x 100

PRINOS VOLUMENA = ((volumen peciva x prinos tijesta) / masa tjestanog komada) x 100

GUBITAK PEČENJEM = ((masa tjestanog komada – masa peciva) / masa tjestanog komada) x 100

SPECIFIČNI VOLUMEN = (volumen peciva/masa peciva)

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

Na dobivenim uzorcima kukuruzne krupice i kukuruznog koncentrata ispitivana je boja, i viskoznost paste, te reološka i peciva svojstva tijesta načinjenog od smjese pšeničnog brašna i kukuruznog ekstrudiranog brašna, te su dobiveni rezultati prikazani u tablicama i slikama.

##### 4.1. UDJEL VLAŽE

Kako bi se odredila stvarna masa uzorka potrebna za mjerenje viskoznosti paste na micro-visco-amylograph-u, potrebno je prethodno odrediti udjel vlage u uzorku. Rezultati su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Udjel vlage u uzorcima i masa uzorka potrebna za mjerenje viskoznosti obzirom na korekciju vlage na 14%

UZORAK	VLAŽA SREDNJA VRIJEDNOST / %
Kukuruzna krupica	11,85
Kukuruzni koncentrat	10,60

##### 4.2. BOJA EKSTRUDATA

Poželjno je da kukuruzni kruh ima izraženu žutu boju. Stoga je boja kukuruznog koncentrata dobivenog ekstruzijom uspoređena s bojom integralne kukuruzne krupice prije ekstruzije. Instrumentalno pomoću spektrofotometra određena je svjetlina, boja, ton i zasićenost.

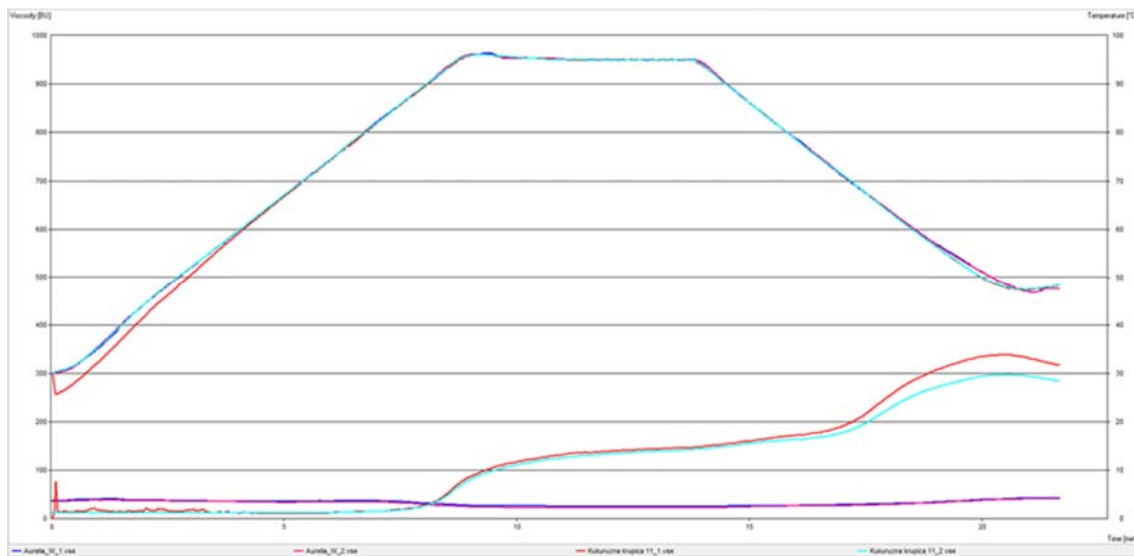
Tablica 3 Rezultati za boju kukuruzne krupice i koncentrata prema CIEL\* a\*b\* sistemu

Uzorak	L*	a*	b*	C*	h
Kukuruzna krupica	83,69±0,07	4,62±0,05	31,57±0,05	31,90±0,09	81,66±0,07
Kukuruzni ekstrudat	80,73±0,03	4,23±0,03	38,88±0,10	39,11±0,10	83,79±0,04

Na temelju dobivenih rezultata prikazanih u tablici 3 može se zaključiti da je kukuruzni koncentrat naspram kukuruzne krupice tamnije nijanse, žuće, zasićenije boje s intenzivnijim tonovima.

#### 4.3. VISKOZNOST PASTE EKSTRUDATA

Želatinizacija škroba omogućava da škrob postane skloniji bubrenju i i povećanju viskoznosti u kontaktu s vodom. Instant brašna, nasuprot neželatiniziranim brašnima, imaju veliku sposobnost vezanja vode i mogućnost reguliranja različite tvrdoće tijesta.



Slika 6. Krivulja viskoznosti kukuruzne krupice i kukuruznog koncentrata

Iz slike 6 i tablice 4 je vidljivo da je viskoznost kukuruznog koncentrata pri zagrijavanju i hlađenju značajno od krupice, iz razloga što je došlo do želatinizacije škroba prethodno u procesu ekstruzije te ne dolazi do dodatnog povećanja viskoznosti uzorka. Prema Filipović i sur. (2006) viskoznost amilografa značajno ovisi o temperaturi ekstruzije.

Tablica 4. Svojstva želatinizacije kukuruznog koncentrata u odnosu na kukuruznu krupicu (srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija)

Točka evaluacije	Kukuruzna krupica	Kukuruzni koncentrat
Vrijeme početka želatinizacije (min)	3,97 $\pm$ 2,73	0,03 $\pm$ 0

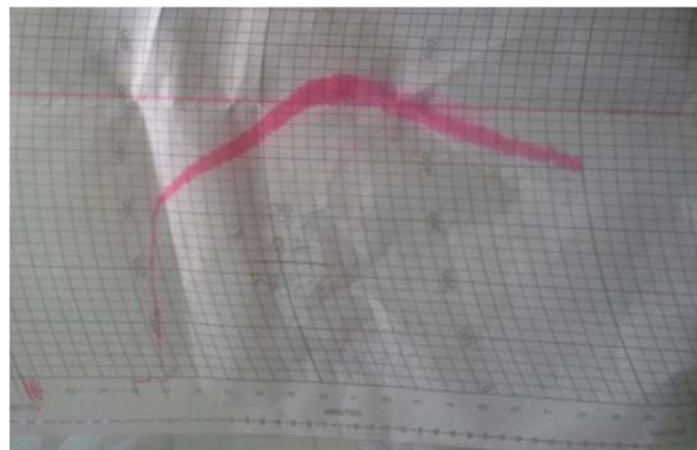
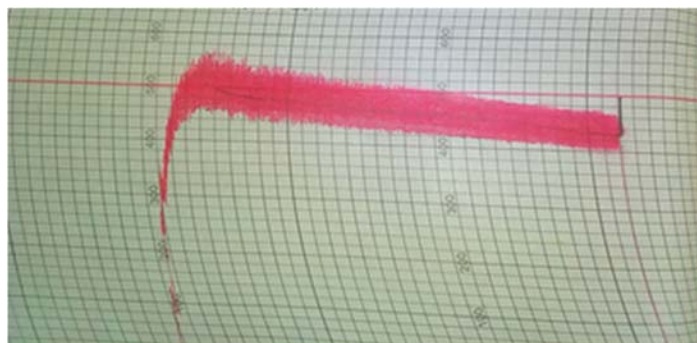


Vrijeme maksimalne viskoznosti (min)	13,47±0,071	0,915±0,081
Maksimalna viskoznost (BJ)	144±1,41	23,5±1,061
Temperatura maksimalne viskoznosti (°C)	94,9±0	95±0
Viskoznost na kraju razdoblja hlađenja (BJ)	308±12,41	36,5±0,71

#### 4.4. REOLOGIJA TIJESTA S KUKURUZNIM KONCENTRATOM

Kako bi se odredila moć upijanja vode smjese kukuruznog koncentrata i pšeničnog brašna, određena su reološka svojstva tijesta na farinografu u usporedbi s pšeničnim tijestom.

Farinogrami su prikazani na slici 7.



Slika 7. Farinogram pšeničnog brašna (a) i smjese pšeničnog brašna i kukuruznog koncentrata (b)

Tablica 5. Usporedba reoloških svojstava pšeničnog brašna i smjese pšeničnog brašna i kukuruznog ekstrudata

SVOJSTVA	PŠENIČNO BRAŠNO	PŠENIČNO BRAŠNO S KUKURUZNIM KONCENTRATOM
Upijanje vode (%)	59,5	70,2
Razvoj tijesta (min)	2,5	7,5
Stabilnost (min)	0,5	0,8
Rezistencija (min)	3	8
Stupanj omekšanja (FJ)	64,5	110

Iz tablice 5 očitani rezultati pokazuju kako pšenično brašno razvoj i stabilnost tijesta postiže u kraćem vremenu zbog većeg udjela glutena i zbog toga ima manji stupanj omekšanja. Upijanje vode je znatno veće kod smjese pšeničnog brašna i kukuruznog koncentrata u odnosu na samo pšenično brašno. Razlog tome bi moglo biti povećanje udjela oštećenog škroba kao posljedica toplinske obrade tijekom procesa ekstruzije. Suprotno, kada se pšeničnom brašnu dodaje nativno kukuruzno brašno, upijanje vode se smanjuje za otprilike 10%, dokazujući da nativno kukuruzno brašno veže manje vode od pšeničnog (Filipović i sur., 2006). Moć sirovine da zadržava vodu u recepturi za tijesto omogućuje ulaganje više vode čime pozitivno doprinosi višem prinosu kruha (Filipović i sur., 2006). No, veći udjel vode ne bi trebao negativno utjecati na rukovanje tijestom.

#### 4.5. PRINOS I SVOJSTVA KRUHA

Jedno od najbitnijih svojstava kvalitete kruha je veliki volumen. Prinosi tijesta i volumena, specifični volumen kukuruznog miješanog peciva i gubitak pečenjem prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Prinos tijesta, volumen i gubitak pečenja

PRINOS TIJESTA/ %	166,56
PRINOS PECIVA/ %	139,12
PRINOS VOLUMENA/ %	273,01
GUBITAK PEČENJEM/ %	16,48
SPECIFIČNI VOLUMEN/ $\text{cm}^3\text{g}^{-1}$	1,96



Slika 8. Kukuruzna peciva napravljena s kukuruznim koncentratom Aurelia W (vlastita slika)

Dobivena su peciva dobrog okusa i mirisa te sjajne, dobro pečene kore (Slika 8). Prinosi volumena i specifični volumen peciva napravljenih s kukuruznim koncentratom su u bliskim rezultatima s ostalim pecivima i kruhom rađenih po sličnoj recepturi (Yaseen, 2010). U usporedbi za običnim pšeničnim kruhom prinos je manji budući da je u recepturu dodano kukuruzno ekstrudirano brašno. Kukuruzna krupica ima veći udjel takozvanih bezglutenskih komponenti (sjemeni lipidi, neprobavljivi ugljikohidrati potekli iz sjemenog omotača). Obzirom da potrošači preferiraju kruh velikog volumena potrebno je još optimirati recepturu. Unatoč tome, važno je naglasiti blagodati ekstruzije koja usporava starenje kruha vođenih visokim rezultatima kvalitete kore kruha 48 sati nakon pečenja (Filipović i sur., 2006).

## 5. ZAKLJUČAK

Iz provedenog istraživanja fizikalnih i pecivnih karakteristika koncentrata dobivenog ekstruzijom integralne kukuruzne krupice može se zaključiti:

- 1.) Kukuruzni koncentrat naspram kukuruzne krupice je tamnije nijanse, žuće, zasićenije boje s intenzivnijim tonovima te se potvrdila tvrdnja iz teorijskog dijela da je ekstrudirana krupica dobar izvor biološki dostupnih karotenoida poput antioksidansa  $\beta$ -karotena.
- 2.) Iz rezultata viskoznosti paste je vidljivo da kukuruzni koncentrat želatinizira na nižim temperaturama od temperature želatinizacije kukuruzne krupice.
- 3.) Pšenično brašno razvoj i stabilnost tijesta postiže u kraćem vremenu zbog većeg udjela glutena i zbog toga ima manji stupanj omekšanja. Upijanje vode je veće kod smjese pšeničnog brašna i kukuruznog koncentrata zbog sposobnosti koncentrata da ima veliku moć upijanja vode čime se potvrdio teorijski dio da instant brašna, nasuprot neklajsteriziranim brašnima, imaju veliku sposobnost vezanja vode i mogućnost reguliranja različite tvrdoće tijesta.
- 4.) Probnim pečenjem, dobivena su kukuruzna miješana peciva dobrog okusa i mirisa te sjajne kore. Prinos peciva i tijesta je zadovoljavajuć no prinos volumena i volumen su bili očekivano manji od uobičajenog za pšenični kruh te je zbog toga potrebno još modificirati recepturu. Manji volumen posljedica je želatinizacije škroba u kukuruznom koncentratu pri nižim temperaturama te zbog toga kruh ima manje vremena za porast volumena u pečenju.
- 5.) Korištenje kukuruznog ekstrudata za izradu kukuruznog kruha direktnim postupkom je bolja alternativa kukuruznoj krupici koja bi se prethodno morala pariti zbog bolje kvalitete i ujednačenosti proizvoda, kraćeg vremena procesa i ekonomičnosti. Uporabom koncentrata od integralnog kukuruza može se dobiti pekarski proizvod izražene žute boje i bogatiji vlaknima.

## 6. POPIS LITERATURE

AACC Method 10-05.01. (2001) Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists (AACC) International.

AACC Method 44-15.02. (2010) Moisture – air-oven methods. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists (AACC) International.

Bode J., Boje R., Both G., Brand J., Brose E., Fecke H., Hisserich D., Kniel B., Meyer B., Nitsche G., Plasch G., Wassermann L., Wettig R. (1999) Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo, 1. izd., TIM ZIP d.o.o. Zagreb. str. 22 – 23.

CIE Commission Internationale de l'Eclairage (2004) Colorimetry Publication CIE 15. (3rd ed). Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage.

Dujmić F. (2007) Obogaćivanje miješanog kukuruznog kruha sojinim proteinima, Diplomski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb. str. 21-22., 43-47.

Kean E. G., Hamaker B. R., Ferruzzi M. G. (2008) Carotenoid Bioaccessibility from Whole Grain and Degermed Maize Meal Products. *Journal of Agricultural Food Chemistry* **56**: 9918-9926.

Filipović N., Simovic D. S., Filipović J. (2006) Bread With Extruded Corn Products. *Acta Agriculturae Serbica* **11**: 29 – 36.

ICC method 115/1 (2009) Method for using the Brabender Farinograph. Vienna: International Association for Cereal Chemistry.

ICC Standard 169 (2000) Method for using the Brabender Viscograph. Vienna: International Association for Cereal Chemistry.

Ivanov D. (2009) Ekstrudiranje u prehrambenoj industriji. U: Enciklopedija Hemija hrane, Novi Sad. <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ekstrudiranje-u-prehrambenoj-industriji> Pristupljeno 23.8. 2017.

Martínez M. (2015) Extruded flours: Applications and new functionality, Doctoral thesis, University of Valladolid, str. 1, 18-20.

Ryu G. H., Ng P. K. W. (2001) Effects of Selected Process Parameters on Expansion and Mechanical Properties of Wheat Flour and Whole Cornmeal Extrudates. *Starch/Stärke* **53**: 147–154.

Robin F., Palzerc S., Schuchmann H. P. (2012) Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities. *Trends in Food Science & Technology* **28**: 23 - 32.

Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica (2016) *Narodne novine* **40** (NN 40/2016)

Yaseen A. A., Shouk A. A., Ramadan M. T. (2010) Corn-Wheat Pan Bread Quality as Affected by Hydrocolloids. *Journal of American Science* **6**: 684-690.

Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

---

Ime i Prezime studenta