



UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNOLOŠKI FAKULTET NOVI SAD



Senzorski, nutritivni i funkcionalni profil integralne testenine sa dodatkom heljdinog brašna

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:

dr Vladimir Tomović, vanredni profesor

dr Mladenka Pestorić, naučni saradnik

Kandidat:

Dubravka Škrobot, dipl. inž

Novi Sad, 2016

Univerzitet u Novom Sadu

Tehnološki fakultet

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska dokumentacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

**Vrsta rada (dipl., mag.,
dokt.):**

VR

Doktorska disertacija

Ime i prezime autora:

AU

Dubravka Škrobot, dipl. inž.

**Mentor (titula, ime,
prezime, zvanje):**

MN

dr Vladimir Tomović, vanredni profesor
dr Mladenka Pestorić, naučni saradnik

Naslov rada:

NR

Senzorski, nutritivni i funkcionalni profil integralne
testenine sa dodatkom heljdinog brašna

Jezik publikacije:

JP

Srpski, latinica

Jezik izvoda:

JI

Srpski/engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

Republika Srbija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina:

GO

2016.

Izdavač:

IZ

Autorski reprint

Mesto i adresa:

MA

Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija

| | |
|---|--|
| Fizički opis rada: FO | 6 poglavlja i prilog, 215 stranica, 56 slika, 44 tabele, 293 literaturna navoda |
| Naučna oblast: NO | Tehnološko inženjerstvo |
| Naučna disciplina: ND | Prehrambeno inženjerstvo, Nutritivna i senzorska svojstva hrane |
| Predmetna odrednica, ključne reči: PO | Integralna testenina, heljda, senzorska svojstva, teksturna svojstva, polifenolna jedinjenja, instrumentalni metodi, nutritivna svojstva |
| UDK | |
| Čuva se: ČU | U biblioteci Tehnološkog fakulteta Novi Sad u Novom Sadu, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad |
| Važna napomena: VN | Nema |
| Izvod: IZ | <p>U okviru disertacije ispitani su i upoređeni pokazatelji kvaliteta integralnog pšeničnog i integralnog heljdinog brašna dobijenog mlevenjem netretiranih (netretirano integralno heljdino brašno) i autoklaviranih zrna heljde (autoklavirano integralno heljdino brašno). Nakon ispitivanja nutritivnih i funkcionalnih svojstava pomenutih brašna, kreirane su i proizvedene integralne taljatele sa različitim sadržajem integralnog heljdinog brašna (10–30%).</p> <p>Pokazatelji senzorskog, nutritivnog i funkcionalnog kvaliteta proizvedenih taljatela sa integralnim heljdinim brašnima ispitani su u poređenju sa kontrolnim uzorkom taljatela od integralnog pšeničnog brašna.</p> <p>U ispitivanim uzorcima brašna i taljatela određeni su osnovni hemijski sastav, sadržaj mineralnih materija, sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola, utvrđen je kvalitativni i kvantitativni sastav polifenolnih jedinjenja, ispitana je antiradikalska aktivnost na DPPH i određen je sadržaj fitinske kiseline i 5-hidroksimetilfurfural.</p> <p>Pored analize nutritivnih i funkcionalnih svojstava, na taljatelama su sprovedena ispitivanja fizičkih osobina (dimenzije) i svojstva taljatela pri kuvanju. Instrumentalno su izmereni boja i teksturna svojstva nekuvanih i kuvanih taljatela.</p> |

Senzorska ocena taljatela sprovedena je uz primenu panela utreniranih ocenjivača, metodom bodovanja i panela potrošača, testom dopadljivosti.

Dobijeni rezultati ukazuju da se supstitucijom dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnom (autoklaviranim ili netretiranim) postiže unapređenje nutritivnog i funkcionalnog profila uzoraka obogaćenih taljatela, uz manje ili više izraženo narušavanje senzorskog profila, u zavisnosti od stepena supstitucije i vrste integralnog heljdinog brašna.

Datum prihvatanja teme od

strane Senata:

05.03.2015.

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

**(ime i prezime / titula /
zvanje / naziv organizacije /
status)**

dr Dragana Šoronja Simović, docent, Tehnološki
fakultet Novi Sad, Novi Sad, predsednik

dr Vladimir Tomović, vanredni profesor, Tehnološki
fakultet Novi Sad, Novi Sad, mentor

dr Mladenka Pestorić, naučni saradnik, Naučni institut
za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad,
mentor

dr Vesna Tumbas Šaponjac, docent, Tehnološki
fakultet Novi Sad, Novi Sad, član

University of Novi Sad
Faculty of Technology

KEY WORD DOCUMENTATION

| | |
|---------------------------------------|--|
| Accession number: ANO | |
| Identification number: INO | |
| Document type: DT | Monographic documentation |
| Type of record: TR | Textual printed material |
| Contents code: CC | PhD Thesis |
| Author: AU | Dubravka Škrobot, MSc |
| Mentor: MN | Vladimir Tomović, PhD, associate professor Mladenka Pestorić, PhD, research associate |
| Title: TI | Sensory, nutritional and functional profile of whole grain pasta with buckwheat flour addition |
| Language of text: LT | Serbian, latin |
| Language of abstract: LA | Serbian/English |
| Country of publication: CP | Republic of Serbia |
| Locality of publication: LP | Vojvodina |
| Publication year: PY | 2016. |
| Publisher: PU | Author's reprint |
| Publication place: PP | Serbia, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1 |

| | |
|------------------------------------|--|
| Physical description: PD | 6 chapters and annex, 215 pages, 56 figures, 44 tables, 293 references |
| Scientific field SF | Technology engineering |
| Scientific discipline SD | Food engineering, Nutritional and sensory food properties |
| Subject, Key words SKW | Wholegrain pasta, buckwheat, sensory properties, textural properties, polyphenolic compounds, instrumental methods |
| UC | |
| Holding data: HD | Library of Faculty of Technology Novi Sad, 21000 Novi Sad, Serbia, Bulevar cara Lazara 1 |
| Note: N | None |
| Abstract: AB | <p>This study investigated quality parameters of wholegrain wheat flour and wholegrain buckwheat flour from non-treated buckwheat grains (non-treated wholegrain buckwheat flour) and autoclaved buckwheat grains (autoclaved wholegrain buckwheat flour). After investigation of nutritional and functional properties of aforementioned flours, new wholegrain tagliatelle formulations, with different wholegrain buckwheat flour content (10–30%) have been developed.</p> <p>Sensory, nutritional and functional quality parameters of buckwheat containing tagliatelle samples were analysed and compared with control tagliatelle sample from wholegrain wheat flour.</p> <p>Proximate composition, content of minerals, content of total polyphenols and quantitative and qualitative composition of polyphenols were investigated in both, flour samples and produced uncooked and cooked tagliatelle samples. Antiradical activity on DPPH radicals, and content of less favourable compounds, phytic acid and HMF, have been tested, as well.</p> <p>Tagliatelle physical properties, dimensions, cooking properties, colour and textural properties were determined by instrumental and sensory methods. Tagliatelle acceptability was evaluated by the consumers.</p> |

The obtained results indicate that wholegrain buckwheat flour (autoclaved or non-treated) incorporation into tagliatelle formulation led to an improvement of nutritional and functional profiles of tagliatelle samples, followed by greater or lesser deterioration of sensory profile, depending on substitution level and type of wholegrain buckwheat flour.

Accepted on Senate on:
AS

5th March 2015

Defended:
DE

Thesis Defend Board:
DB

Dragana Šoronja Simović, PhD, assistant professor,
Faculty of Technology Novi Sad, Novi Sad, chairman

Vladimir Tomović, PhD, associate professor, Faculty of
Technology Novi Sad, Novi Sad, mentor

Mladenka Pestorić, PhD, research associate, Institute
of Food Technology Novi Sad, Novi Sad, mentor

Vesna Tumbas Šaponjac, PhD, PhD, assistant
professor, Faculty of Technology Novi Sad, Novi Sad,
member

LISTA SKRAĆENICA

| | |
|-------------------|---|
| PB | Integralno pšenično brašno |
| NHB | Netretirano integralno heljdino brašno |
| THB | Autoklavirano integralno heljdino brašno |
| Kontrola | Taljatele od integralnog pšeničnog brašna |
| 10NT | Taljatele od 90% integralnog pšeničnog brašna i 10% netretiranog integralnog heljdinog brašna |
| 20NT | Taljatele od 80% integralnog pšeničnog brašna i 20% netretiranog integralnog heljdinog brašna |
| 30NT | Taljatele od 70% integralnog pšeničnog brašna i 30% netretiranog integralnog heljdinog brašna |
| 10T | Taljatele od 90% integralnog pšeničnog brašna i 10% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna |
| 20T | Taljatele od 80% integralnog pšeničnog brašna i 20% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna |
| 30T | Taljatele od 70% integralnog pšeničnog brašna i 30% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna |
| <i>L*</i> | Svetloća |
| <i>a*</i> | Udeo crvene/zelene boje |
| <i>b*</i> | Udeo žute/plave boje |
| <i>h</i> | Ugao (nijansa) boje |
| ΔE | Razlika u boji |
| YI | Intenzitet braon boje |
| GA | Galna kiselina |
| PCA | Protokatehinska kiselina |
| <i>p</i> -OH-BA | <i>p</i> -hidroksi benzoeva kiselina |
| VA | Vanilinska kiselina |
| SRA | Siringinska kiselina |
| <i>p</i> -COA | <i>p</i> -kumarinska kiselina |
| FA | Ferulna kiselina |
| SIA | Sinapinska kiselina |
| CHA | Hlorogenska kiselina |
| CA | Cimetna kiselina |
| RU | Rutin |
| QU | Kvercetin |
| CAT | Katehin |
| ECAT | Epikatehin |
| HMF | Hidroksimetilfurfurala |
| DPPH [·] | DPPH radikal |
| Rv | Brzine reakcije antiradikalske aktivnosti |
| IP | Testenina od integralnog pšeničnog brašna |

| | |
|---------|---|
| BG | Bezglutenska testenina |
| TH | Testenina od ili sa heljdinim brašnom |
| TS | Testenina od spelte |
| Izbor 1 | Sasvim izvesno neću kupiti |
| Izbor 2 | Vrlo verovatno neću kupiti |
| Izbor 3 | Verovatno neću kupiti |
| Izbor 4 | Ne znam da li ću kupiti |
| Izbor 5 | Verovatno ću kupiti |
| Izbor 6 | Vrlo verovatno ću kupiti |
| Izbor 7 | Sigurno ću kupiti |
| s.m. | Suva materija |
| HPLC | Visokopritisna tečna hromatografija |
| GAE | Ekvivalent galne kiseline |
| RE | Ekvivalent rutina |
| ANOVA | Analysis of Variance |
| PCA | Analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis) |

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE | 5 |
| 2.1. TESTENINA KROZ VEKOVE | 5 |
| 2.2. PROIZVODNJA I POTROŠNJA TESTENINE | 7 |
| 2.3. TEHNOLOGIJA TESTENINE | 9 |
| 2.3.1. Priprema sirovina i homogenizacija smeše | 10 |
| 2.3.2. Mešanje | 10 |
| 2.3.3. Ekstrudiranje testa | 11 |
| 2.3.3.1 Matrice i oblik testenine | 12 |
| 2.3.4. Sušenje testenine | 13 |
| 2.4. KVALITET TESTENINE | 15 |
| 2.4.1. Uticaj sirovine na kvalitet testenine | 16 |
| 2.4.1.1. Veličina čestica | 17 |
| 2.4.1.2. Gradivne komponente osnovne sirovine | 17 |
| 2.4.2. Uticaj vrste zamesa na kvalitet testenine | 20 |
| 2.4.3. Uticaj procesa ekstrudiranja na kvalitet testenine | 20 |
| 2.4.4. Uticaj procesa sušenja na kvalitet testenine | 21 |
| 2.4.5. Uticaj pojedinih dodataka na kvalitet testenine | 21 |
| 2.5. TESTENINA – MATRIKS POGODAN ZA OBOGAĆIVANJE RAZLIČITIM NUTRITIVNIM I FUNKCIONALNIM SASTOJCI | 22 |
| 2.5.1. Heljda – sirovina za proizvodnju nutritivno i funkcionalno obogaćene testenine | 35 |
| 2.5.1.1. Građa i frakcije mlevenja zrna heljde | 36 |
| 2.5.1.2. Proizvodi od heljde | 37 |
| 2.5.1.3. Nutritivni profil heljde | 40 |
| 2.5.1.4. Antioksidativni profil heljde | 45 |
| 2.6. PROCENA KVALITETA TESTENINA | 48 |
| 2.6.1. Instrumentalni metodi ocene kvaliteta | 49 |
| 2.6.1.1. Instrumentalno određivanje teksturnih svojstava testenine | 50 |
| 2.6.1.2. Instrumentalno određivanje boje testenine | 52 |
| 2.6.2. Metodi senzorske ocene kvaliteta | 54 |
| 2.6.2.1. Senzorska ocena testenine | 57 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DEO | 64 |
| 3.1. MATERIJAL | 64 |
| 3.1.1. Sirovine | 64 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.2. Hemikalije i reagensi | 64 |
| 3.2. METODE | 65 |
| 3.2.1. Proizvodnja taljatela od integralnog pšeničnog i heljdinog brašna | 65 |
| 3.2.2. Određivanje nutritivnih i funkcionalnih karakteristika sirovina i proizvedenih taljatela | 67 |
| 3.2.2.1. Određivanje hemijskog sastava | 67 |
| 3.2.2.2. Određivanje sadržaja mineralnih materija | 67 |
| 3.2.2.2.1. Postupak kuvanja uzoraka taljatela | 68 |
| 3.2.2.3. Određivanje sadržaja fitinske kiseline | 68 |
| 3.2.2.3.1. Postupak pripreme uzoraka za ispitivanje | 68 |
| 3.2.2.4. Određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola | 69 |
| 3.2.2.4.1. Priprema ekstrakata sirovina i proizvedenih taljatela | 69 |
| 3.2.2.4.2. Reagensi i postupak | 70 |
| 3.2.2.5. Određivanje sadržaja polifenolnih jedinjenja HPLC metodom | 70 |
| 3.2.2.5.1. Priprema ekstrakata | 71 |
| 3.2.2.6. Određivanje sadržaja šećera HPLC metodom | 72 |
| 3.2.2.6.1. Priprema reakcione smeše | 72 |
| 3.2.2.7. Određivanje sadržaja hidrosimetilfurfurala HPLC metodom | 73 |
| 3.2.2.7.1. Priprema ekstrakata | 73 |
| 3.2.2.8. Spektrofotometrijska analiza antiradikalske aktivnosti ekstrakta sirovina i proizvedenih taljatela na DPPH` | 73 |
| 3.2.2.8.1. Priprema ekstrakata | 73 |
| 3.2.2.8.2. Postupak merenja | 74 |
| 3.2.2.9. Određivanje sadržaja aminokiselina HPLC metodom | 74 |
| 3.2.2.9.1. Hidroliza uzoraka | 75 |
| 3.2.2.9.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza aminokiselina | 75 |
| 3.2.3. Određivanje fizičkih osobina taljatela | 76 |
| 3.2.3.1. Određivanje dužine, širine i debljine nekuvanih taljatela | 76 |
| 3.2.3.2. Određivanje parametara kvaliteta kuvanih taljatela | 76 |
| 3.2.3.2.1. Određivanje optimalnog vremena kuvanja | 76 |
| 3.2.3.2.2. Određivanje procenta raskuvavanja taljatela | 76 |
| 3.2.3.2.3. Određivanje povećanja zapremine taljatela pri kuvanju | 77 |
| 3.2.3.2.4. Određivanje količine apsorbovane vode tokom kuvanja taljatela | 77 |
| 3.2.3.2.5. Određivanje stepena bubrenja taljatela | 78 |
| 3.2.3.3. Instrumentalno određivanje boje | 78 |
| 3.2.3.4. Instrumentalno određivanje teksturnih svojstava | 79 |
| 3.2.3.4.1. Određivanje teksturnih svojstava nekuvanih uzoraka taljatela uz primenu Ottawa merne ćelije | 79 |
| 3.2.3.4.2. Određivanje čvrstoće kuvanih uzoraka taljatela primenom standardnog AACC metoda | 80 |
| 3.2.3.4.3. Određivanje čvrstoće kuvanih uzoraka taljatela primenom Volodkevich Bite Jaws nastavka | 81 |

| | |
|--|------------|
| 3.2.3.4.4. Određivanje čvrstoće i adhezivnosti kuvanih uzoraka taljatela uz primenu cilindrične sonde P/35 | 82 |
| 3.2.3.5. Analiza strukture uzoraka brašna i kuvanih taljatela | 84 |
| 3.2.4. Senzorska ocena taljatela | 84 |
| 3.2.4.1. Senzorska ocena uz primenu panela utreniranih ocenjivača | 84 |
| 3.2.4.1.1. Odabir i testiranje kandidata | 84 |
| 3.2.4.1.2. Trening odabranih ocenjivača | 87 |
| 3.2.4.1.3. Senzorska ocena metodom bodovanja | 87 |
| 3.2.4.1.4. Priprema, prezentacija i distribucija uzoraka članovima panela | 89 |
| 3.2.4.2. Senzorska ocena uz primenu panela potrošača | 90 |
| 3.2.4.2.1. Potrošački test | 91 |
| 3.2.4.2.2. Priprema, prezentacija, i distribucija uzoraka potrošačima | 91 |
| 3.2.5. Statistička obrada podataka | 92 |
| 4. REZULTATI I DISKUSIJA | 94 |
| 4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA NUTRITIVNIH I FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA SIROVINA I PROIZVEDENIH TALJATELA | 94 |
| 4.1.1. Hemijski sastav | 94 |
| 4.1.2. Spektrofotometrijsko određivanje sadržaja mineralnih materija | 97 |
| 4.1.3. Spektrofotometrijsko određivanje sadržaja fitinske kiseline | 99 |
| 4.1.4. Spektrofotometrijsko određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola | 102 |
| 4.1.4.1. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u brašnima | 102 |
| 4.1.4.2. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u nekuvanim taljatelama | 103 |
| 4.1.4.3. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u kuvanim taljatelama | 104 |
| 4.1.5. HPLC analiza sadržaja polifenolnih jedinjenja | 104 |
| 4.1.5.1. Sadržaj polifenolnih jedinjenja u brašnima | 106 |
| 4.1.5.2. Sadržaj polifenolnih jedinjenja u nekuvanim taljatelama | 107 |
| 4.1.5.3. Sadržaj flavonoida u nekuvanim taljatelama | 110 |
| 4.1.5.4. Sadržaj polifenola u kuvanim taljatelama | 112 |
| 4.1.6. HPLC analiza sadržaja šećera | 115 |
| 4.1.7. HPLC analiza sadržaja hidroksimetilfurfurala | 118 |
| 4.1.8. Antiradikalska aktivnost ekstrakata sirovina i proizvedenih taljatela na DPPH` | 120 |
| 4.1.9. Korelaciona analiza | 124 |
| 4.1.10. HPLC analiza sadržaja aminokiselina | 127 |
| 4.2. REZULTATI ODREĐIVANJA FIZIČKIH OSOBINA PROIZVEDENIH TALJATELA | 133 |
| 4.2.1. Kvalitet kuvanih taljatela | 133 |
| 4.2.1.1. Optimalno vreme kuvanja taljatela | 133 |
| 4.2.1.2. Procenat raskuvavanja taljatela | 134 |
| 4.2.1.3. Povećanje zapremine taljatela pri kuvanju | 135 |
| 4.2.1.4. Količina apsorbovane vode i stepen bubrenja tokom kuvanja taljatela | 135 |
| 4.2.2. Boja taljatela | 137 |

| | |
|---|------------|
| 4.2.2.1. Boja nekuvanih taljatela | 138 |
| 4.2.2.2. Boja kuvanih taljatela | 140 |
| 4.2.3. Definisanje profila teksture nekuvanih i kuvanih taljatela | 141 |
| 4.2.3.1. Teksturna svojstva nekuvanih taljatela | 142 |
| 4.2.3.2. Teksturna svojstva kuvanih taljatela | 143 |
| 4.2.4. Mikrostruktura brašna i kuvanih taljatela | 147 |
| 4.3. REZULTATI SENZORSKE OCENE TALJATELA | 151 |
| 4.3.1. Analiza senzorske ocene taljatela metodom bodovanja uz primenu panela utreniranih ocenjivača | 151 |
| 4.3.2. Analiza glavnih komponenti primenjena na rezultate nutritivnog i funkcionalnog profila taljatela, njihovih fizičkih osobina i senzorskog profila | 153 |
| 4.3.3. Analiza senzorske ocene taljatela uz primenu panela potrošača | 156 |
| 4.3.3.1. Analiza rezultata anketiranja potrošača | 157 |
| 4.3.3.2. Analiza rezultata potrošačkog testa | 160 |
| 4.3.3.3. Analiza potrošačke namere u izboru kupovine | 165 |
| 4.3.3.4. Analiza uticaja „prethodnog iskustva“ na potrošačku ocenu | 167 |
| 4.3.4. Analiza glavnih komponenti primenjena na rezultate instrumentalnih merenja i potrošačkog testa | 169 |
| 5. ZAKLJUČAK | 173 |
| 6. LITERATURA | 182 |
| PRILOG | 199 |

1. UVOD

U savremenim društvima, sve veća pažnja poklanja se odnosu između zdravlja, načina života i ishrane. Potrošači su sve više svesni dobrobiti koje mogu imati od hrane koju konzumiraju, ali brz način života nameće hranu koja se brzo i lako priprema i koja najčešće, osim zadovoljenja osnovnih nutritivnih i energetske potrebe, ne obezbeđuje unapređenje zdravlja i fizičke sposobnosti. Stoga je jedan od pravaca u prehrambenoj industriji poslednjih decenija, razvoj novih, zdravstveno efikasnih proizvoda, obogaćenih različitim nutritivnim i funkcionalnim sastojcima. Naročita pažnja poklonjena je modifikacijama proizvoda koji su najzastupljeniji u ishrani stanovništva, kao što su pekarski, testeničarski i konditorski proizvodi, kako bi učinak obogaćivanja bio što delotvorniji u prevenciji bolesti i unapređenju zdravlja.

Testenina je jedan u nizu prehrambenih proizvoda čija se zastupljenost u ishrani širom sveta neprekidno povećava, a njena važnost je gotovo izjednačena sa važnošću hleba, pre svega zbog jednostavne i brze pripreme, prijatnih senzorskih osobina, lake svarljivosti, izuzetne pogodnosti pri transportu i skladištenju i ekonomske prihvatljivosti.

Testeninu treba posmatrati kao proizvod bez aditiva i drugih po zdravlje štetnih materija koji je lako svarljiv, niskog glikemijskog indeksa i umerene energetske gustine i zadovoljavajuće proteinske vrednosti. Viševjekovna proizvodnja testenine pokazala je da se testeničarski proizvodi najboljeg kvaliteta dobijaju od brašna ili krupice tvrde pšenice – *Triticum durum* ili meke pšenice – *Triticum aestivum spp vulgar*. Većina kvalitetnih svojstava testenine u potpunosti se zadovoljava upotrebom krupice od durum pšenice. Međutim, u našoj zemlji, zbog nedostatka durum pšenice, i njene znatno više cene, za proizvodnju testenine obično se koristi brašno ili krupica meke pšenice. Takođe, imajući u vidu činjenicu da je testenina, na bazi obe pomenute vrste pšenice, siromašna proteinima i esencijalnim aminokiselinama, vitaminima i mineralima, u novije vreme, sve veći broj istraživanja posvećen je kreiranju i izučavanju formulacija testenina sa poboljšanim nutritivnim i funkcionalnim svojstvima. Novoformulisane testenine u svom sastavu osim pšeničnog brašna imaju u manjem ili većem udelu i brašna drugih žita ili pseudožita, mahunarki, povrća, algi. Paralelno sa ovim testeninama, kreirane su i testenine koje su prvenstveno namenjene osobama obolelim od celijakije, i koje ne sadrže pšenično brašno, već neko iz kategorije bezglutenskih brašna.

Na osnovu dosadašnjih istraživanja, a u vezi sa nutritivnim i funkcionalnim profilom različitih žita i pseudožita, heljda bi se mogla svrstati među najpoželjnije funkcionalne sirovine za obogaćivanje testeničarskih proizvoda. Ova sirovina, osim širokog spektra zdravstvenih dobrobiti (snižavanje nivoa holesterola, regulisanje visokog krvnog pritiska, blagotvorno dejstvo pri digestiji) i poželjnog nutritivnog i funkcionalnog profila, proizvodu obezbeđuje i specifična senzorska svojstva. Međutim, dodatak heljdinog brašna utiče na promene teksturnih svojstava i parametre pri kuvanju testenine, a ograničavajući faktor u formulisanju proizvoda sa heljdom ili od heljde je gorak ukus koji ovo pseudožito poseduje.

Bez obzira na postojanje svesti o nutritivnim i zdravstvenim aspektima obogaćene testenine, treba imati na umu da potrošači ovaj prehrambeni proizvod neće uvrstiti u svoju ishranu ako nema odgovarajući izgled, boju, a pre svega odgovarajuća teksturna svojstva, koja imaju najznačajniju ulogu kada se govori o testenini u određivanju kvaliteta i njene konačne prihvatljivosti. Zbog toga je cilj svih istraživanja, koja su se bavila ispitivanjem uticaja dodatka različitih funkcionalnih sirovina u formulaciju testenine, bio usmeren i ka očuvanju senzorskog profila i prihvatljivosti od strane potrošača.

Pregledom dosadašnje dostupne literature ustanovljeno je da postoje navodi o ispitivanju uticaja dodatka belog i ređe integralnog heljdinog brašna za obogaćivanje testenine od durum ili obične, meke pšenice. Međutim, u tim navodima retko se spominju formulacije koje sadrže smešu integralnog pšeničnog i integralnog heljdinog brašna. Pri tome, ispitivanja su sprovedena uglavnom na testenianama oblika špageta ili nudli, dok ovakva ispitivanja nisu sprovedena na širim oblicima testenina poput taljatele, koje ne samo da prolaze kroz drugačiji proces proizvodnje, već zahtevaju i duže kuvanje u odnosu na špagete. Osim pomenutog, veoma je mali broj naučnih radova koji su ispitivali primenu integralnog heljdinog brašna dobijenog mlevenjem hidrotermički obrađenog zrna heljde za proizvodnju testenine, kao i istraživanja koja su se bavila ispitivanjem svih aspekata kvaliteta funkcionalnih testenina, odnosno ne samo analizom nutritivnog i funkcionalnog profila već i svih činilaca senzorskog kvaliteta ovako proizvedene testenine.

Imajući na umu prethodno navedeno, u okviru ove doktorske disertacije postavljeni su sledeći ciljevi:

1. Kreiranje i proizvodnja integralne testenine sa dodatim heljdinim brašnom oblika taljatele, koja bi proširila paletu funkcionalnih proizvoda;
2. Karakterizacija sirovina namenjenih za proizvodnju integralnih taljatele:
 - integralno pšenično brašno,
 - integralno heljdino brašno (dobijeno mlevenjem netretiranih zrna heljde i hidrotermički tretiranih zrna heljde u autoklavu);

3. Sagledavanje uticaja supstitucije integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnom i uticaja hidrotermičke pripreme (autoklaviranja) zrna heljde na senzorski, nutritivni i funkcionalni profil nekuvanih i kuvanih integralnih taljatelja.

Stoga su istraživanja u okviru ove doktorske disertacije bila podeljena u sledeće faze:

1. Ispitivanje i poređenje pokazatelja kvaliteta integralnog pšeničnog i integralnog heljdinog brašna dobijenog mlevenjem netretiranih (netretirano integralno heljdino brašno) i autoklaviranih zrna heljde (autoklavirano integralno heljdino brašno):
 - a) određivanje hemijskog sastava,
 - b) određivanje sadržaja mineralnih materija,
 - c) spektrofotometrijsko određivanje sadržaja fitata,
 - d) spektrofotometrijsko određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola i antiradikalske aktivnosti na DPPH',
 - e) određivanje sadržaja polifenola metodom tečne hromatografije (HPLC),
 - f) određivanje sadržaja aminokiselina metodom tečne hromatografije (HPLC),
 - g) određivanje sadržaja šećera metodom tečne hromatografije (HPLC),
 - h) određivanje sadržaja hidrosimetilfurfurala metodom tečne hromatografije (HPLC).
2. Kreiranje i proizvodnja integralnih taljatelja supstitucijom integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnom (netretirano ili autoklavirano integralno heljdino brašno).
3. Ispitivanje i poređenje pokazatelja kvaliteta proizvedenih taljatelja sa različitim sadržajem i različitom vrstom integralnog heljdinog brašna:
 - a) nutritivni i funkcionalni pokazatelji kvaliteta:
 - određivanje hemijskog sastava,
 - određivanje sadržaja mineralnih materija,
 - spektrofotometrijsko određivanje sadržaja fitata,
 - spektrofotometrijsko određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola i antiradikalske aktivnosti na DPPH',
 - određivanje sadržaja polifenola metodom tečne hromatografije (HPLC),
 - određivanje sadržaja aminokiselina metodom tečne hromatografije (HPLC),
 - određivanje sadržaja šećera metodom tečne hromatografije (HPLC),

- određivanje sadržaja hidrokсимetilfurfurala metodom tečne hromatografije (HPLC);

b) fizičke osobine taljatela:

- određivanje dužine, širine i debljine nekuvanih taljatela,
- određivanje parametara kvaliteta kuvanih taljatela,
- instrumentalno određivanje boje,
- instrumentalno određivanje teksturnih svojstava,
- analiza mikrostrukture taljatela;

c) senzorska ocena taljatela:

- primenom panela utreniranih ocenjivača,
 - formiranje i treniranje panela ocenjivača,
 - formiranje liste deskriptora i njihovo definisanje,
 - definisanje metodologije za senzorsku ocenu nekuvanih i kuvanih taljatela,
- primenom panela potrošača;

4. Statistička obrada podataka i analiziranje dobijenih rezultata.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. TESTENINA KROZ VEKOVE

Testeninu su u početku koristile samo pojedine populacije u određenim delovima sveta, ali je vremenom njena popularnost porasla, što je dovelo do značajnog povećanja obima proizvodnje i potrošnje testenine u celom svetu. Postoje brojne teorije o poreklu testenine. Prema jednoj teoriji smatra se da je testeninu u Italiju doneo Marko Polo po povratku sa jednog od njegovih putovanja u Kinu u 13. veku. Prema drugoj teoriji smatra se da testenina ima svoje korene još mnogo ranije, u doba drevne Etrurske civilizacije i da je Marko Polo donošenjem istočnjačke testenine samo obnovio sećanje na ovu vrstu jela. Rano korišćenje testenine verovatno datira iz Kine, i ono se odnosi na testeninu koju u većini azijskih zemalja nazivaju „*noodl*“, a odnosi se na oblik rezanaca napravljenih od različitih sastojaka (pirinač, pseudožita, morske alge, mahunarke) (<http://www.food-info.net>).

Testenina je nesumnjivo bila poznata i starim Grcima i Rimljanima, koji su pravili testeninu od durum brašna pod nazivom „*lagane*“ ili „*laganon*“ (današnje lasanje, odnosno testenina od pšeničnog brašna u obliku ravne tanke ploče). Ova vrsta testenine prvi put se spominje u 1. veku nove ere, mada prema navodima međunarodne organizacije za testeninu (International Pasta Organisation) postoje zapisi da je i sam rimski imperator Ciceron (1. vek pre nove ere) bio veliki ljubitelj jela „*laganum*“ (današnje lasanje), koje se u to vreme nije kuvalo već peklo u pećnici (<http://www.internationalpasta.org>).

Prvi pisani podaci o testenini koja se pripremala kuvanjem potiču iz Jerusalimskog talmuda pisanog na aramejskom, iz 5. veka nove ere. Reč „*itriyah*“, koju su tada koristili za testeninu, odnosila se na sušenu testeninu. Muslimanski osvajači koji su okupirali Siciliju bili su zaslužni za širenje znanja o tehnikama proizvodnje i sušenja testenine (Zanini de Vita, 2009). Od 12. veka nove ere, testenina napravljena na Siciliji i Sardiniji izvozila se na kopneni deo Italije i u severnu Evropu iz moćnih pomorskih Republika Đenove i Pize (<http://www.food-info.net>).

Nadalje, termin „*macaria*“, koji se odnosio na jednu vrstu duge testenine, danas poznatu kao špagete, pronađen je i u zapisima rimskih pisaca iz prvog veka naše ere. Naziv

„makarone“, koji je danas u upotrebi, potiče od italijanske reči „*maccherone*“ koja se odnosi na mešanje testa pod dejstvom neke sile (<http://www.internationalpasta.org>).

Prvi zabeležen recept za testeninu datira iz 1000. godine nove ere, a zabeležio ga je Martino Corno, u svojoj knjizi „*The Art of Cooking Sicilian Macaroni and Vermicelli*“. U 12. veku kustos Vatikanskog muzeja napisao je da su makarone sa sirom nasleđe kuhinja iz Đenove i Napulja. Do kraja 18. veka testenina se jela bez dodatka začina ili sira. Paradajz sos, uz dodatak soli i bosiljka, počeo je da se koristi početkom 19. veka (<http://www.food-info.net>).

Drevne metode proizvodnje testenine podrazumevale su mešanje testa nogama, što je obično trajalo čitav dan. Prvi istorijski podaci koji se odnose na poluindustrijsku proizvodnju sušene testenine datiraju iz 1150. godine nove ere, a zabeležio ih je arapski geograf, koji je napisao da se u blizini Palerma proizvodi obilje testenine u obliku niti, koje se potom izvoze svuda, u Kalabriju, muslimanske i hrišćanske zemlje, čak i na prekomorske destinacije. Zapisi iz 1244. godine svedoče o proizvodnji sušene testenine u Liguriji, severozapadnim regionom Italije, sa Đenovom kao glavnim gradom, dok zapisi iz 1316. ukazuju da je proizvodnja testenine postala zastupljena na celom Apeninskom poluostrvu. Rasprostranjenost proizvodnje testenine u Italiji, dovela je 1546. godine do osnivanja esnafa proizvođača testenine (Corporation of Pasta-Makers), prvo u Napulju, potom 1574. godine i u Đenovi, a tri godine kasnije, ustanovljena su pravila za rad ovih esnafa (Rules for the Pasta-Masters' Art Corporation) u Savoni. Zbog svoje ekonomičnosti, dostupnosti i raznovrsnosti, testenina je do kraja 17. veka postala svakodnevna hrana u čitavoj Italiji (<http://www.food-info.net>).

Krajem 17. veka, naročito u Napulju, zbog velikog porasta broja stanovništva pojavio se problem dostupnosti hrane, sve dok mala tehnološka revolucija nije omogućila proizvodnju testenine po nižoj ceni. Konstruisane su prve, jednostavne mašine, zahvaljujući kojima je proces mešanja testa nogama zamenjen, a time proces čitave proizvodnje testenine znatno ubrzan. U jednom od napuljskih naselja razvijen je i poseban proces sušenja i skladištenja proizvedene testenine, zahvaljujući specifičnim klimatskim uslovima. Naime, dve vrste vetrova, suvi (*Ponentino vetrovi*) i topli i vlažni (*Vesubijano vetrovi*) vetrovi su stvarali idealne uslove za sušenje testenine, koja se sušila prostrta preko drvenih držača postavljenih na ulicama (Slika 2.1) (<http://www.internationalpasta.org>).

U Veneciji, 1740. godine otvorena je prva fabrika za proizvodnju testenine. Sa razvojem ekstruzionih presa omogućena je proizvodnja većih količina testenine istog oblika i veličine. Došlo se do spoznaje da je kvalitet testenina napravljenih primenom ovih presa bio bolji u poređenju sa ručno napravljenom testeninom, kako u pogledu ujednačenog oblika, tako i u pogledu teksturnih svojstava (<http://www.internationalpasta.org>).



Slika 2.1. Prodaja i sušenje testenine krajem 18. veka u blizini Napulja
(<http://www.lifeinitaly.com>)

O popularnosti i intenzivnosti proizvodnje testenine krajem 18. veka svedoči i Johann Wolfgang von Goethe u dnevniku „Putovanja u Italiju“, u kome piše da su na hiljade napolitanaca kupovali „*maccaroni*“, ukusnu testeninu od semoline. Sredinom 19. veka u Napulju nekoliko proizvođača testenine iz Amalfija pokrenulo je industrijsku proizvodnju testenine. Oni su upotrebljavali vodenice i mlinove na kamenu, a razdvajanje krupice i mekinja obavljalo se na sitima ručno. Mašinska proizvodnja omogućila je razvoj tržišta i konkurentnost na njemu, kao i izvoz testenine preko okeana do Amerike. Nova tehnologija omogućila je i proizvodnju testenine najrazličitijih oblika, tako da je krajem 19. veka na tržištu bilo prisutno od 150 do 200 različitih oblika (<http://www.food-info.net>).

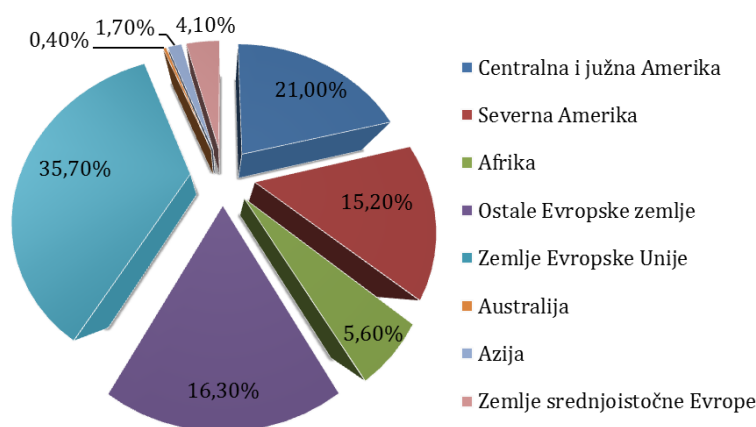
Izvoz testenina iz Italije je doživeo procvat početkom 20. veka, dostižući čak 70 hiljada tona, pri čemu se najviše izvozilo u Ameriku. Nešto kasnije se i u zemljama koje su uvezile testeninu počelo sa njenom proizvodnjom. 1917. godine patentiran je prvi sistem za kontinualnu proizvodnju testenine, a 1933. je prva automatska presa puštena u rad. Ovu presu su dizajnirali i napravili dvojica inženjera iz Parme, Mario i Đuzepe Braibanti (<http://www.food-info.net>).

Do početka 20. veka, proizvođači testenine iz Italije najviše su koristili sortu pšenice Taganrog, durum pšenicu visokog kvaliteta, koju su uvozili iz Rusije, a potom je pšenica uvožena iz Francuske i Amerike. Danas, najveći deo pšenice koja se upotrebljava za proizvodnju italijanske testenine odgaja se u Italiji, a samo mali deo se uvozi iz Australije (<http://www.food-info.net>).

2.2. PROIZVODNJA I POTROŠNJA TESTENINE

Testenina predstavlja visokofrekventno korišćen prehrambeni proizvod, koji je lako svarljiv sa zadovoljavajućom kalorijskom vrednošću, podesan za pripremanje velikog broja brzih i jednostavnih jela, lako se skladišti i ima relativno dug rok trajanja. Imajući sve ovo u vidu, razumljivo je da je popularnost testenine sve veća, i da je njena važnost gotovo izjednačena sa važnošću hleba, a posledično su, i proizvodnja i potrošnja

testenine u svetu u stalnom porastu. Na osnovu podataka Medjunarodne organizacije za testeninu (International Pasta Organisation, 2014; <http://www.internationalpasta.org>), proizvodnja testenina u svetu premašila je 14,3 miliona tona u 2014. godini, pri čemu je samo u Evropi proizvedeno preko 4,5 miliona tona, što čini preko 50% ukupne svetske proizvodnje testenine (Slika 2.2). U Evropi je u periodu od 2005. do 2013. godine proizvodnja ove namirnice porasla za 13%. Najviše testenine se proizvede u Italiji, čak 73% ukupne proizvodnje testenine u Evropi pripada Italiji, a slede je Nemačka sa 7% i Španija sa 6%. Italija je i najveći svetski proizvođač testenine, koja proizvede skoro dva puta više testenine od Sjedinjenih Američkih Država i više od Amerike i Brazila zajedno. Takođe, potrošnja testenine u kilogramima po glavi stanovnika u ovoj evropskoj zemlji je najveća (oko 25 kg/stanovnik) (Tabela 2.1). Potrošnja testenina u Srbiji je oko 3,5 kg/stanovniku (Pestorić, 2011).



Slika 2.2. Udeo pojedinih zemalja u proizvodnji testenine u svetu za 2012. godinu (International Pasta Organisation, 2014) (<http://www.internationalpasta.org>)

Tabela 2.1. Godišnja potrošnja testenine u pojedinim zemljama (kg/glavi stanovnika) (<http://www.internationalpasta.org>)

| Zemlja | Godišnja potrošnja (kg/glavi stanovnika) | Zemlja | Godišnja potrošnja (kg/glavi stanovnika) |
|------------|--|----------------------|--|
| Italija | 25,3 | Portugal | 6,7 |
| Tunis | 16,0 | Kanada | 6,5 |
| Venecuela | 12,2 | Mađarska | 6,4 |
| Grčka | 11,5 | Iran | 6,2 |
| Švajcarska | 9,2 | Brazil | 6,0 |
| Amerika | 8,8 | Češka Republika | 6,0 |
| Iran | 8,5 | Austrija | 5,6 |
| Čile | 8,4 | Belgija i Luksemburg | 5,4 |
| Argentina | 8,3 | Estonija | 5,3 |
| Peru | 8,2 | Srbija* | 3,5 |
| Francuska | 8,1 | Finska | 3,2 |
| Nemačka | 8,0 | Meksiko | 3,2 |
| Rusija | 8,0 | Velika Britanija | 2,5 |

| Zemlja | Godišnja potrošnja (kg/glavi stanovnika) | Zemlja | Godišnja potrošnja (kg/glavi stanovnika) |
|-----------------|---|---------------|---|
| Urugvaj | 7,5 | Danska | 2,0 |
| Hrvatska | 7,5 | Japan | 1,7 |
| Švedska | 7,0 | Egipat | 1,2 |
| Turska | 6,8 | Irska | 1,0 |

* Izvor: Pestorić, 2011

2.3. TEHNOLOGIJA TESTENINE

Testenine se, u skladu sa Pravilnikom o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa („Sl. list SRJ“, br. 52/95), definišu kao proizvodi dobijeni mešanjem i oblikovanjem pšenične krupice ili namenskog brašna sa vodom (obična testenina) ili mešanjem i oblikovanjem osnovnih sirovina uz korišćenje nekih dodatnih sirovina (testenina sa dodacima). U smislu ovog Pravilnika, kao dodatne sirovine mogu se koristiti: sveža ili jaja u prahu, jajčani melanž, smrznuta jaja, belance jajeta, mleko ili mleko u prahu, proizvodi od mleka, proizvodi od voća i povrća, meso ili proizvodi od mesa, brašno drugih žita, brašno leguminoza, sojin izolat ili koncentrat, glutensko brašno, sirovi gluten i pšenične klice. Osim toga, u proizvodnji testenina kao dodatak se mogu koristiti i testenine koje su polomljene u tehnološkom postupku proizvodnje, u količinama koje ne utiču na kvalitet krajnjeg proizvoda, ali uz prethodnu proveru njene higijenske ispravnosti. Nadalje, Pravilnik ne definiše vrstu i kvalitet pšenice, kao ni kvalitet krupice i brašna pogodnih za proizvodnju odgovarajuće vrste i oblika testenine.

U većini zemalja postoje propisi koji definišu koje sirovine se mogu koristiti za proizvodnju testenine. Neke zemlje, kao što su Italija, Francuska i Grčka donele su propise po kojima se testenina može proizvoditi isključivo od durum krupice (semoline), dok je u većini drugih zemalja, poput Španije, Kanade, SAD-a, u kojima ovakvi propisi ne postoje, dozvoljeno koristiti brašno *Triticum aestivum* pšenice, kao i brašna drugih žita u proizvodnji testenine. U nekim zemljama u kojima se ne gaji pšenica, kao što je to slučaj sa afričkim zemljama, testenina se proizvodi od kukuruza ili kineske šećerne trske (Pestorić, 2011).

Osnovni cilj procesa proizvodnje testenine zasnovan je na transformaciji durum krupice ili namenskog brašna u smesu homogene strukture, sposobne da sačuva svoj oblik tokom postupka ekstrudiranja i da ga stabilizuje tokom sušenja. Tehnološki postupak proizvodnje testenine obuhvata fazu pripreme sirovina, mešenja, ekstrudiranja ili laminiranja, sušenja i pakovanja gotovog proizvoda (Medvedev, 1999).

Uslovi procesa proizvodnje testenine značajno utiču na kvalitet gotove testenine i stoga svaka faza proizvodnje treba da bude precizno isplanirana, kontrolisana, a procesni parametri optimizovani za testeninu određenog sirovinskog sastava i oblika. Uvođenje kontinualnih automatskih presa, umesto diskontinualnih mehaničkih, u proces

proizvodnje testenine, dovelo je do ekonomičnije proizvodnje testenine i značajnog porasta njenog kvaliteta (Pestorić, 2007).

2.3.1. Priprema sirovina i homogenizacija smeše

Priprema sirovina za proizvodnju testenine obuhvata mlevenje zrna pšenice ili druge sirovine od koje se testenina proizvodi na određenu granulaciju, neposredno pre proizvodnje, kako bi sirovine bile sveže mlevene i neodležane. Zatim se sprovodi prosejavanje, kako zbog aeracije i temperiranja čestica, i uklanjanja nečistoća, tako i zbog postizanja što homogenije granulacije – najmanje 90% čestica treba da je veličine između 150 i 340 μm (Kent i Evers, 1994). Semolinu krupnije granulacije je teže obraditi u homogenu testo prvenstveno zato što je potrebno duže vreme da voda prodre unutar pojedinačnih čestica. Finija semolina i brašna brže apsorbuju vodu, pa se i lakše oblikuju u testo. U svakom slučaju, semolinu sa grubljom i finijom granulacijom, kao i brašna, ne treba mešati zajedno, zato što bi tada manje čestice brže upijale vodu od ostalih, a to bi ili produžilo vreme mešanja ili ne bi bilo moguće dobiti homogenu testanu masu, što bi uzrokovalo pojavu belih pega na gotovom proizvodu.

2.3.2. Mešanje

Faza mešanja sirovina tokom proizvodnje testenine uslovno se naziva zames testa. Tokom ove faze dolazi do vlaženja pojedinačnih čestica krupice ili namenskog brašna, a dužinu mešanja određuju dva faktora – postizanje ravnomerne raspodele vode po celoj masi sirovine i brzina prodiranja vlage unutar čestica krupice ili namenskog brašna.

U savremenim ekstruderima (presama), sirovine za proizvodnju testenine i voda prethodno se mešaju u predmesilici, čime se značajno skraćuje vreme zamesa (sa 12–20 min na 2–3 min). Tokom mešanja potrebno je da se postigne vlaga testa oko 29–32% koja bi trebalo da obezbedi ravnomernu hidrataciju svih čestica krupice, njihovo međusobno povezivanje i formiranje grudvicama prečnika 2–3 cm. Niži sadržaj vlage neće obezbediti pravilnu hidrataciju čestica sirovine, a usled nedovoljno vlage testo se neće u potpunosti razviti tokom ekstrudiranja ili laminiranja. Sa druge strane, viši sadržaj vlage od 32% izazvaće teškoće prilikom ekstrudiranja zbog stvorenih grudvi, koje teško prolaze kroz otvore na matrici. (Bustos i sar., 2015)

Hidratacijom sirovine pospešuje se pokretljivost molekula dve osnovne komponente sirovine, proteina glutena i skroba. U kontaktu sa vodom gluten iz staklastog stanja prelazi u gumast i elastičan oblik, koji ima sposobnost da gradi niti i na taj način da obuhvata granule skroba. Njegovim zagrevanjem dolazi do ireverzibilnog umrežavanja proteina i formiranja proteinske mreže čiji kvalitet u velikoj meri definiše kvalitet proizvedene testenine. Za razliku od glutena, na temperaturama ispod 55 °C skrob ima veoma ograničen kapacitet apsorpcije vode, ali na višim temperaturama od pomenute,

skrob bubri i povećava mu se viskozitet usled apsorpcije neograničene količine vode, uz istovremeno oslobađanje rastvorljivih komponenti. (Bustos i sar., 2015)

Izbor sirovine koja se koristi za proizvodnju testenine kao i režim sušenja testenine u velikoj meri određuju koji zames će se koristiti tokom procesa proizvodnje. Zames testa za proizvodnju testenine može biti (Bejarović, 2001):

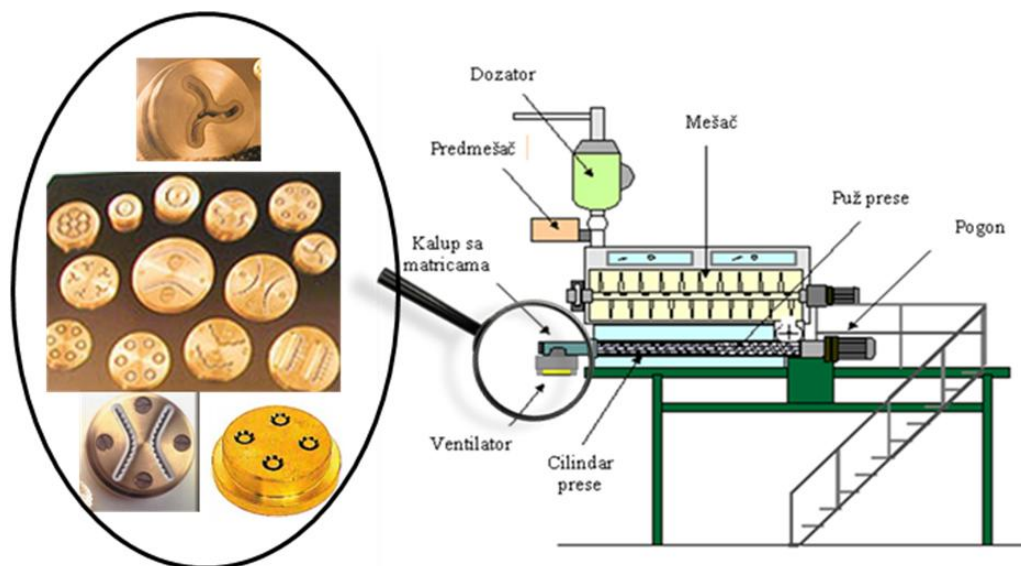
- *Prema režimu:*
 - * Kontinualni – u mešalicu se kontinualno dodaju sve sirovine;
 - * Diskontinualno – u mešalicu se za svaki zames dozira odmerena količina sirovina.
- *Prema količini vlage u testu:*
 - * Tvrdi zames – količina vlage u testu od 28 do 30%,
 - * Srednji zames – količina vlage u testu od 30 do 32%,
 - * Meki zames – količina vlage u testu od 32 do 34%.
- *Prema temperaturi vode:*
 - * Vrući zames – temperatura vode oko 80 °C,
 - * Topli zames – temperatura vode oko 60 °C,
 - * Hladni zames – temperatura vode oko 30 °C.

2.3.3. Ekstrudiranje testa

Ekstrudiranje je jedna od ključnih operacija u procesu proizvodnje testenine, koja u velikoj meri određuje njen kvalitet. Tokom ovog procesa vlažan i zgrudvan materijal, podvrgnut odgovarajućoj mehaničkoj energiji gnječenja, sjedinjuje se i formira uniformnu testanu masu odgovarajućeg viskoziteta i elastičnosti (Bushuk, 1985). Usled primenjene mehaničke energije i pritiska koji se javljaju u pužu ekstrudera dolazi do povećanja temperature testa koje, ukoliko nije kontrolisano, može prouzrokovati stvaranje defekata na testenini. Pritisak u pužu ekstrudera kojim se formira testo zavisi od vlage i temperature testa, otpora matrice i uređaja za zaštitu matrice. Za testo sa sadržajem vlage oko 30% potrebno je primeniti pritisak u rasponu od 80 do 120 bar. Sa povećanjem sadržaja vlage smanjuje se pritisak potreban za potiskivanje testa (Medvedev, 1999a).

Potiskivanjem testane mase kroz otvore na matrici, testenina dobija krajnji oblik i postiže se neophodna unutrašnja struktura finalnog proizvoda, koja treba da obezbedi zadovoljavajuća senzorska svojstva, kako bi bila prihvatljiva budućem potencijalnom kupcu uz zadovoljenje željenog nutritivnog profila testenine. Optimizacija postupka ekstrudiranja sa jedne strane obezbeđuje minimalnu razgradnju nutrijenata, dok sa druge strane obezbeđuje degradaciju antinutritivnih materija (inhibitori tripsina, nepoželjni enzimi, kao što su lipaze i lipoksigenaze, nepoželjni mikroorganizmi, fitinska kiselina) (Vukmirović, 2009).

Na Slici 2.3 shematski su prikazani ekstruder i neke od matrica koje se koriste za dobijanje različito oblikovane testenine.



Slika 2.3. Shematski prikaz ekstrudera i matrica za oblikovanje testenine

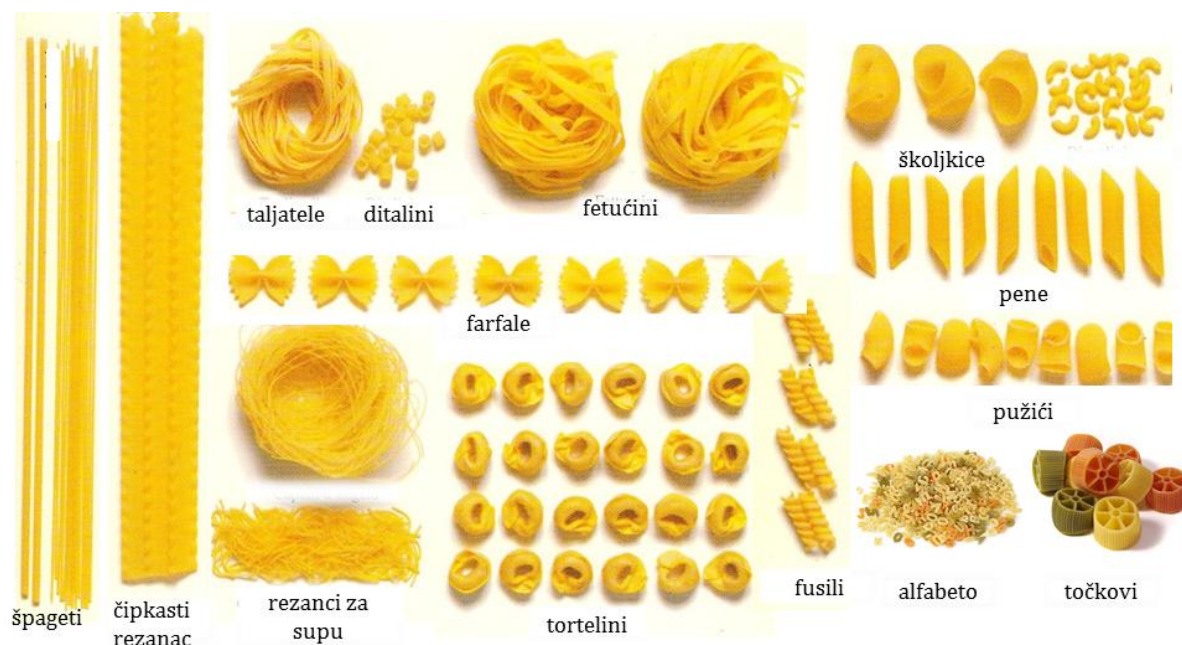
2.3.3.1 Matrice i oblik testenine

Osnovna uloga matrica (kalupa) je da testanu masu bez forme pretvore u testeninu željenog oblika, a da se pri tome testo ne lepi za zidove otvora. Prave se od antikorozivnih i čvrstih materijala kao što su: bronza, mesing ili BRAL (smeša bronzne i aluminijuma). Jedno vreme su se koristile i matrice od teflona, ali, zbog abrazivne strukture durum semoline, lako ih je bilo oštetiti, tako da one više nisu u upotrebi. Osim toga, ni matrice od nerđajućeg čelika nisu pokazale zadovoljavajuće osobine i pored velike izdržljivosti na visoke pritiske. Glavni nedostatak ovih matrica je pregrevanje, usled čega, pri prolasku testa kroz njih, dolazi do oštećenja proteinske mreže. Kalupi za oblikovanje testenine mogu se podeliti na (Bejarović. 2001):

- kalupe za dugu testeninu (obično su dugi, pravougaonog oblika),
- kalupe za kratku testeninu (obično su okrugli, sa dijametrom koji varira u zavisnosti od kapaciteta prese) i
- kalupe za gnezda (slični onima za proizvodnju duge testenine, ali sa drugačijim rasporedom otvora).

Testenina se proizvodi u širokoj lepezi oblika i veličina. Danas postoji preko 350 vrsta testenina u preko 150 različitih oblika, a svakodnevno se kreiraju novi oblici i njihova imena (<http://www.archimedes-lab.org/pastashape.html>). Razlikuju se motana testenina, kratka testenina sa ili bez punjenja, duga testenina, štampana testenina. (Bejarović, 2001; Pestorić, 2007). Većina oblika testenine vodi poreklo iz Italije, ali se, takođe, različiti oblici kreiraju i u drugim krajevima sveta. Za svaki od oblika postoji

preporuka u koje svrhe da se koristi. Neki od oblika mogu da se koriste samo za određene svrhe, dok drugi mogu da se koriste na različite načine. Najčešće korišćeni oblici testenina prikazani su na Slici 2.4 (<http://www.archimedes-lab.org/pastashape.html>).



Slika 2.4. Različiti oblici testenina

Bez obzira na oblik, testenine se mogu proizvoditi i stavljati u promet kao sveže, posušene, sušene ili zamrznute.

2.3.4. Sušenje testenine

Sirova testenina je zbog visokog sadržaja vlage (oko 30%) pogodna sredina za razvoj plesni i bakterija, a, takođe, i za odvijanje nepoželjnih biohemijskih procesa. Osim ukoliko nije predviđeno da se testenina prodaje kao sveža, ona se mora sušiti do sadržaja vlage od oko 12,5%, odnosno do sadržaja vlage koji nije podesan za razvoj mikroorganizama.

Testo se na izlazu iz puža ekstrudera odmah podvrgava predušenju na prihvatnim ramovima („lesama“), ispod kojih je ugrađen ventilator određene snage, koji usmerava vazduh na oblikovanu testeninu i suši njenu površinu. Tokom predušenja, prosuši se samo spoljašnja površina proizvoda, što je dovoljno da se spreči slepljivanje sveže testenine i postigne dovoljna čvrstina da se testenina ne deformiše (Bejarović, 2001). U nastavku procesa testenina se dalje hladi, očvršćava i skuplja (Vukmirović, 2009).

Sušenje testenine se zasniva na principu konvekcije – razmene toplote i vlage između testenine i zagrejanog vazduha koji struji oko testenine. U toku procesa sušenja prvo isparava vlaga sa površine testa, a potom dolazi do migracije iz unutrašnjosti testa. Usled

ovoga dolazi do formiranja gradijenta sadržaja vlage u centru testenine i na njoj površini, a vreme potrebno da se uspostavi ravnoteža zavisi od debljine testenine i brzine difuzije vlage. Osnovni parametri vazduha koji određuju brzinu sušenja testenine su: temperatura, vlažnost i brzina strujanja. Na osnovu ovih parametara mogu se razlikovati blagi i oštri režim sušenja. Prvi karakterišu upotreba vazduha niže temperature sa većim sadržajem vlage, usled čega se svi slojevi testenine ravnomerno suše i jednako skupljaju. Oštri režim sušenja karakteriše primena vazduha viših temperatura, usled čega dolazi do intenzivnog sušenja površinskog sloja testenine. U Tabeli 2.2 prikazani su različiti režimi sušenja testenine (Bejarović, 2001; Medvedev, 1999b).

Tabela 2.2. Režimi sušenja testenine (Bejarović, 2001; Medvedev, 1999b)

| <i>Režim sušenja</i> | <i>Temperatura (°C)</i> | <i>Relativna vlažnost (%)</i> | <i>Vreme sušenja (h)</i> |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| LT | 40 – 60 | 70 – 80 | 18 – 28 |
| HT | 60 – 84 | 74 – 82 | 8 – 11 |
| UHT | 84 – 98 | 74 | 2 – 5 |

LT (eng. low temperature) – sušenje na niskim temperaturama vazduha; HT (eng. high temperature) – sušenje na visokim temperaturama vazduha; UHT (eng. ultra high temperature) – sušenje na vrlo visokim temperaturama vazduha uz povećanu relativnu vlažnost vazduha

Sušenje testenine se ranije odvijalo na nižim temperaturama (oko 40–50 °C), da bi se, potom, usvojila nova tehnologija sušenja na povišenim temperaturama (oko 60–90 °C). Poslednjih decenija, zbog dokazanog uticaja na unapređivanje kvaliteta testenine, u upotrebi je sve više i režim sušenja „visoka temperatura-kratko vreme“ (> 90 °C) (Bejarović, 2001).

Na izlasku iz sušare testenina ima temperaturu približnu temperaturi vazduha u sušnici. Pre pakovanja potrebno je da se testenina ohladi na temperaturu prostorije u kojoj će se pakovati, kako bi se sprečila kondenzacija usled ispuštanja vlage u ambalažu, koja bi negativno uticala na kvalitet gotovog proizvoda. Na Slici 2.5 prikazane su sušnice i komore za sušenje testenine.



Slika 2.5. Uređaji za predušenje testenine sa različitim konstrukcionim rešenjima (<http://www.italpast.it/2009/macchine-alimentari/htm>)

2.4. KVALITET TESTENINE

Reč „kvalitet“ u prehrambenoj industriji današnjice može imati mnogo različitih interpretacija u zavisnosti od oblasti o kojoj se govori. Pre 20 godina pod kvalitetom testenine podrazumevali su se odgovarajući izgled i osobine pri kuvanju. Danas se pod kvalitetom, osim navedenog, podrazumevaju i bezbednost i usklađenost proizvoda sa zakonskim regulativama, kao i vrsta i oblik ambalaže korišćene za pakovanje testenine (Kill i Turnbull, 2008). U skladu sa Pravilnikom o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa („Sl. list SRJ“, br. 52/95), testenine koje se stavljaju u promet u Republici Srbiji moraju da ispunjavaju sledeće uslove:

- da imaju ujednačenu boju svojstvenu vrsti proizvoda,
- da testenine nisu izlomljene u meri da to utiče na estetski izgled,
- da nisu obojene veštačkim bojama,
- da imaju miris i ukus svojstven vrsti proizvoda,
- da suva testenina ne sadrži više od 13,5% vlage, a sveža testenina najviše 28% vlage,
- da ne sadrže više od 1% kuhinjske soli, osim ako su u pitanju punjene testenine,
- da stepen kiselosti nije veći od 3,5,
- da prilikom kuvanja testenine, procenat raskuvavanja testenine nije veći od 12%, računato na suhu materiju testenina i
- da ne sadrže insekte u bilo kom stadijumu razvoja, kao i druge nečistoće stranog porekla.

Kvalitet testenine je u direktnoj vezi sa kvalitetom sirovina, procesom njihove prerade, odabranom recepturom, primenjenim tehnološkim postupkom proizvodnje testenine i uslovima pod kojima se ona skladišti (Dawe, 2001). U Tabeli 2.3 dat je pregled osobina testenine od durum krupice dobrog i lošeg kvaliteta. Neki od pokazatelja kvaliteta mogu se primeniti i na testenine proizvedene od drugih vrsta brašna.

Tabela 2.3. Osobine testenine od durum krupice dobrog i lošeg kvaliteta (Bejarović, 2001)

| <i>Osobine testenine</i> | |
|--|---|
| <i>Testenina dobrog kvaliteta</i> | <i>Testenina lošeg kvaliteta</i> |
| • ćilibarnožute boje | • tamnije boje, sa sivom nijansom, ili prljavobeke boje |
| • glatka, elastična površina | • površina je ispucala/mramorirana |
| • pojedinačni komadi sveže testenine su pravilnog oblika | • pojedinačni komadi sveže testenine su međusobno slepljeni ili deformisani |
| • dugi komadi se savijaju bez pucanja | • testenina lako puca i lomi se na više komada |
| • prelom je staklast i čist, a testenina puca | • prelom je mat i ravan |

| <i>Osobine testenine</i> | |
|--|--|
| <i>Testenina dobrog kvaliteta</i> | <i>Testenina lošeg kvaliteta</i> |
| samo na nekoliko komada | |
| <ul style="list-style-type: none"> • dobro apsorbuje vodu pri kuvanju • nakon kuvanja ima prijatan i svojstven miris i ukus • nakon kuvanja ne pokazuje površinsku lepljivost, dobre je konzistencije | <ul style="list-style-type: none"> • apsorbuje manju količinu vode pri kuvanju • nema svojstven prijatan miris i ukus • nakon kuvanja testenina je slepljena i raspada se |

2.4.1. Uticaj sirovine na kvalitet testenine

Viševekovna proizvodnja testenine pokazala je da se testeničarski proizvodi najboljeg kvaliteta dobijaju mlevenjem tvrde *Triticum durum* pšenice. Za proizvodnju testenine može se koristiti i brašno *Triticum aestivum* pšenice, koja se obično koristi za proizvodnju hleba (Slika 2.6). *Triticum durum* pšenica je značajno tvrđa i obezbeđuje proizvedenoj testenini tvrdoću, orašast ukus i intenzivnu žutu boju, koja potiče od visokog sadržaja karotenoida prisutnih u durum pšenici. Za razliku od nje, testenina proizvedena od *Triticum aestivum* pšenice je mekša i elastičnija, svetložute boje (Bejarović, 2001; Bustos i sar., 2015).



Slika 2.6. Izgled preseka *Triticum aestivum* i *Triticum durum* pšenice

Većina kvalitetnih svojstava testenine – odgovarajući izgled, dobra teksturna svojstva, od kojih najvažnija otpornost na lom osušenog proizvoda i održivost čvrstoće tokom kuvanja, u potpunosti se zadovoljavaju upotrebom krupice od durum pšenice (semolina). Međutim, u našoj zemlji, zbog nedostatka durum pšenice i njene znatno više cene, za proizvodnju testenine obično se koristi brašno ili krupica meke pšenice (*Triticum aestivum*).

Odabir semoline, krupice meke pšenice ili namenskog brašna za proizvodnju testenine bazira se na onim činiocima koji su značajni za razvoj testa i kvalitetne karakteristike finalnog proizvoda, pre svega izgleda i održivosti kvaliteta pri kuvanju. Tačnije, sirovine za proizvodnju testenine moraju da zadovolje sledeće uslove kvaliteta:

- omogućava odgovarajuće oblikovanje testenine ekstrudiranjem kroz kalupe,
- obezbeđuje stvaranje jakog, fleksibilnog krajnjeg proizvoda bez pucanja, sa dobrom tolerancijom i stabilitetom tokom pakovanja i skladištenja,
- pogoduje formiranju prozračnog osušenog finalnog proizvoda, glatke površine,
- pogoduje formiranju odgovarajuće boje i bez prisustva pega,
- obezbeđuje čvrstoću, elastičnost, žvakljivost i minimalnu lepljivost kuvanog proizvoda,
- obezbeđuje prijatan ukus i aromu,
- pruža značajan doprinos u izbalansiranoj ishrani potrošača,
- obezbeđuje dobijanje finalnog proizvoda koji će biti bezbedan u pogledu zdravstvene ispravnosti (Feillet i Dexter, 1996).

Važni aspekti kvaliteta durum pšenice su izgled zrna, težina 1000 zrna, fizička oštećenja, staklavost, sadržaj vlage i sadržaj proteina (Sissons, 2008). Međutim, kada se razmatra uopšteno kvalitet sirovine za proizvodnju testenine treba obratiti pažnju na veličinu čestica, gradivne komponente osnovne sirovine, sadržaj žutog pigmenta i sadržaj tamnih čestica.

2.4.1.1. Veličina čestica

Veličina čestica durum krupice ili namenskog brašna ima veliki uticaj na sposobnost vezivanja vode pri pravljenju zamesa, a stoga i na fizička i strukturno-mehanička svojstva testa, odnosno njegovu čvrstinu i plastičnost, kao i na svojstva sirovih proizvoda. Od granulacije čestica zavise boja i svojstva kuvane testenine. Smatra se da je optimalna veličina čestica durum krupice u rasponu od 200 do 300 μm , pri čemu čestice treba da su što ujednačenije granulacije. Veličina čestica utiče i na stepen oštećenosti skrobnih granula. Što je brašno finije granulacije ($< 210 \mu\text{m}$), to je stepen oštećenosti skrobnih granula veći. Oštećenje skrobnih granula dovodi do povećanja gubitaka organske materije tokom kuvanja testenine bogate mekinjama (Gauthier i sar., 2006) i smanjuje čvrstoću i moć apsorpcije vode u integralnoj testenini (Manthey i Schorno, 2002).

2.4.1.2. Gradivne komponente osnovne sirovine

Bez obzira na to koja pšenica se koristi za proizvodnju testenine, kvalitet će definisati struktura skroba i proteina, kao i njihova interakcija koja se razvija tokom kuvanja. Da bi se dobila kuvana testenina dobrog kvaliteta sa zadovoljavajućim teksturnim osobinama, najbitnije je da se tokom procesa proizvodnje razvije proteinska mreža koja je elastična i rastegljiva i u koju su granule skroba u potpunosti „zarobljene“ i ugrađene (Medvedev, 1999b).

Formiranjem proteinsko-skrobnog matriksa započinje procesom mešanja sirovine i vode pri čemu proteini postaju otvorene strukture, nastupa njihova hidratacija i bubrenje skroba. Maksimalan razvoj proteinskog matriksa je u fazi ekstrudiranja ili laminiranja. Tada se granule skroba ugrađuju u proteinski matriks i raspoređuju u pravcu u kom je delovala sila u prvim minutima ekstrudiranja/laminiranja. U fazi sušenja formirani proteinski matriks se učvršćuje usled denaturacije, polimerizacije i agregacije proteina. (Bustos i sar., 2015)

Proteini

Sadržaj, kvalitet i vrsta proteina imaju najvažniji uticaj na kvalitet testenine. Po nekim autorima (Feilet i Dexter, 1996), sadržaj proteina ima veći uticaj na kvalitet testenine nego kvalitet proteina. Od semoline sa većim sadržajem proteina proizvodi se testenina koja je čvrsta i elastična, i koja tokom kuvanja dobro bubri, uz minimalne gubitke organske materije u vodu od kuvanja, a ostaje čvrsta do trenutka serviranja i ne lepi se. Sa druge strane, testenina napravljena od semoline sa niskim sadržajem proteina je veoma lomljiva i ima malu čvrstoću, gubici organske materije tokom kuvanja su uvećani, a kuvana testenina se lepi (Dexter i sar., 1983).

Jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta proteina pšenice je kvalitet glutena, koji se najčešće izražava preko snage glutena (ukazuje na viskozitet i elastičnost glutena). Gluten je protein pšenice koji se sastoji od gluteninske i glijadinske frakcije. Glutenin doprinosi elastičnosti glutena, dok glijadin ima viskoelastične osobine i sposobnost formiranja intermolekulskih disulfidnih veza i za potrebe testeničarske industrije je on značajniji jer je znatno otporniji na mehanička i temperaturna delovanja i omogućava formiranje testa i očuvanje stvorenog oblika nakon prolaska testa kroz matricu. Smatra se da je optimalni sadržaj glutena oko 28%. Smanjenjem sadržaja ispod ove vrednosti povećava se gubitak suve materije pri kuvanju testenine, povećava se lepljivost testenine, a smanjuje čvrstoća i dolazi do gubitka oblika kuvane testenine. Ovo se objašnjava činjenicom da nizak sadržaj glutena nije dovoljan da drži skrobne granule, koje klajsterizuju i koje usled povećanja zapremine narušavaju, odnosno kidaju glutensku mrežu. Pri povećanju sadržaja glutena iznad 40% potrebno je duže vreme kuvanja, a kuvani proizvodi imaju gumastu strukturu (Bejarović, 2001).

Skrob

Skrob je, pored proteina, najvažnija komponenta semoline/brašna koji se koriste za proizvodnju testenine, od kojeg zavise teksturna i senzorska svojstva, kao i ukupan kvalitet kuvane testenine. Skrobna zrnca zagrevanjem, a u prisustvu vode postepeno bubre i povećavaju zapreminu za oko 30%. Pri temperaturi od 50 do 70 °C, dolazi do njihove želatinizacije, pucanja, izlivanja amiloze i međusobnog slepljivanja skrobnih zrnaca pri čemu se stvara lepljiva masa velike viskoznosti. Ovaj proces se naziva klajsterizacija skroba i on je ireverzibilan. Međutim, ukoliko dobijena masa stoji na

sobnoj temperaturi, jedan deo skroba može da se vrati u kristalno stanje i ovaj proces se naziva retrogradacija (Pestorić, 2011).

Kod bezglutenskih testenina, usled odsustva glutena, koji je osnovni gradivni element proteinske mreže i strukture testenine, skrob preuzima ulogu glutena. Naime, modifikacijama u organizaciji skroba, koje uključuju visok stepen želatinizacije i retrogradacije, postiže se stabilizacija trodimenzionalne mreže koja može da imitira viskoelastične osobine glutena (Lucisano i sar., 2012; Mariotti i sar., 2011; Marti i sar., 2010).

Enzimi i lipidi

Među enzimima pšenice koji imaju najveći uticaj na kvalitet testenine su amilaze i esteraze. α -amilaze su enzimi koji hidrolizuju glikozidne veze u skrobu, što rezultira višim sadržajem šećera u zrnu i izražajnijom crvenom bojom proizvedene testenine. Lipooksigenaze (LOX) su grupa enzima koja hidrolizuje veze u lipidima i pigmentima. Lipidi sačinjavaju oko 1–3% zrna pšenice. Mogu biti vezani za skrobne granule ili slobodni. Važni su za razvoj boje testenine. Tokom procesa proizvodnje testenine, naročito tokom mešenja testa, slobodni lipidi reaguju sa ostalim komponentama brašna, naročito sa proteinima, što doprinosi učvršćivanju mrežaste strukture proteina. Razgradnjom masti oslobađaju se masne kiseline, koje testenini daju gorak ukus i miris užegle masti. Osim toga, nepovoljno deluju na gluten, pa se povećava čvrstoća, a smanjuje elastičnost testa (Bustos i sar., 2015; Chung i sar., 1978; Kill i Turnbull, 2008).

Pesak i pepeo

Pesak može dospeti u sirovinu za proizvodnju testenine tokom procesa mlevenja na kamenim mlinovima. Sadržaj peska može da varira od 0,0008 do 0,049%. Tokom procesa ekstrudiranja pesak se lepi za kalupe, usled čega se na testenini pojavljuju pruge i ogrebotine, što narušava izgled sirove i nekuvane testenine, a utiče i na osobine kuvane testenine, jer se narušava kontinuitet glutenske mreže.

Veći sadržaj pepela u polaznoj sirovini ima uticaj prvenstveno na boju, ali i na ukus i teksturu krajnjeg proizvoda – testenine. U slučaju testenine od durum semoline, sadržaj pepela < 0,9% (s.m.) obezbeđuje dobar kvalitet testenine, dok će se od semoline sa sadržajem pepela od 0,9 do 1,1% (s.m.) dobiti testenina tamnije boje i izmenjenog ukusa koji nalikuje pšeničnom ukusu. Semolina sa višim sadržajem pepela od 1,1% (s.m.) daće testeninu veoma tamne boje, sa izraženom aromom i lošom teksturom (Kill i Turnbull, 2008).

2.4.2. Uticaj vrste zamesa na kvalitet testenine

Kvalitet gotove testenine u velikoj meri zavisi od količine vode dodate prilikom zamesa testa. Vлага određuje konzistenciju testa, kao i njegove reološke i mehaničke osobine koje se ostvaruju tokom procesa proizvodnje. Nedostatak vlage dovodi do otežanog i usporenog formiranja testa i razvoja proteinskog matriksa (Bejarović, 2001). Da bi se dobila testenina ujednačene boje bez prisustva belih fleka, u zames se mora dodati dovoljna količina vode kako bi sve čestice krupice bile dovoljno navlažene i kako bi tokom ekstrudiranja došlo do potpune plastifikacije. Veća količina vode u zamesu omogućava lakše oblikovanje testa, a gotova testenina ima sjajniju površinu i staklast presek. Međutim, testenina u sirovom stanju je veoma lepljiva i lako gubi oblik, a potrebno ju je duže sušiti. U slučaju tvrdog zamesa, testo se teže oblikuje, ali je zato sirova testenina manje lepljiva i lakše zadržava oblik. Nedostatak ovog zamesa je što gotova testenina ima mat i brašnastu površinu (Bustos i sar., 2015; Petitot i sar., 2009).

2.4.3. Uticaj procesa ekstrudiranja na kvalitet testenine

Postoje literaturni podaci koji ukazuju da se ekstrudiranjem dobija testenina čiji je proteinski matriks diskontinualan, dok se laminiranjem postiže bolje razvijena glutenska mreža, a time i bolji kvalitet testenine (Matsuo i sar., 1978; Pagani i sar., 1989). Sa druge strane, Icard-Vernière i Feillet (1999) smatraju da se tokom ekstrudiranja razvija proteinski matriks koji je bolje raspoređen i koji može da „zarobi“ sve granule skroba za razliku od matriksa koji se razvija tokom laminiranja. Osim toga, podaci ukazuju da je ekstrudirana testenina čvršća, upija više vode tokom kuvanja i oslobađa više organske materije u vodu tokom ispiranja (Zardeto i Dalla Rosa, 2009).

Parametri pod kojima se sprovodi ekstrudiranje testenine u velikoj meri mogu uticati na kvalitet kuvane testenine. Nedovoljna sila ili neumerena termička energija primenjena na testo dovode do stvaranja ili nerazvijenog proteinskog matriksa ili oštećenja usled pregrevanja. Neadekvatna temperatura ekstrudiranja može rezultirati gubicima pri kuvanju testenine od 10% do čak 50%, kao i narušavanjem izgleda površine i teksturnih osobina. Povećanje vlage testa i brzine obrtanja puža ekstrudera doprinose poboljšanju osobina kuvane testenine (stepen bubrenja, poboljšanje spoljašnjeg izgleda kuvane testenine i indeksa viskoelastičnosti, smanjenje gubitaka pri kuvanju). Veličina otvora matrice ne utiče ni na bubrenje ni na gubitak materija pri kuvanju, ali ima uticaj na stanje površine kuvane testenine i na viskoelastičnost u smislu da se povećanjem otvora na matricama poboljšava stanje površine i smanjuju viskoelastične osobine (Bejarović, 2011). Osim toga, Abecassis i sar. (1994) su doveli u vezu i veličinu otvora na matricama sa promenama u boji testenine. Veći otvori dovode do povećanja indeksa žute, a smanjenja indeksa crvene boje. Takođe, profil puža ekstrudera i brzina obrtanja smanjuju indeks žute boje i povećavaju svetloću testenine.

2.4.4. Uticaj procesa sušenja na kvalitet testenine

Sušenje je najduža faza u procesu proizvodnje testenine. Od pravilnosti vođenja ovog procesa zavisi kvalitet gotove testenine (čvrstoća, staklavost preloma, elastičnost, kiselost i izgled proizvoda). Veoma intenzivno sušenje može dovesti do raspadanja proizvoda, a predugo sušenje u prvim fazama sušenja može usloviti kiseo ukus ili slepljivanje i deformisanje testenine. Nadalje, sušenjem testenine vazduhom visokih temperatura, vlaga iz unutrašnjih slojeva testenine ne uspeva da dovoljno brzo migrira na površinu, tako da dolazi do nejednakog skupljanja slojeva. Spoljašnji sloj dobija osobine čvrstog tela i skuplja se, za razliku od unutrašnjih slojeva, koji zadržavaju svoju prvobitnu zapreminu. Usled ovoga se na površini testenine javljaju mikropukotine, koje se pri produženju intenzivnog odnošenja vlage produbljuju i uvećavaju, tako da gotov proizvod nema dovoljnu čvrstinu, lako se lomi i mrvlji (Bejarović, 2011; Petitot i sar., 2009).

Postoje brojna istraživanja na temu uticaja režima sušenja na kvalitet testenine (Lamacchia i sar., 2007; Petitot i sar., 2009; Severini i sar., 2015), koja ukazuju da pri sušenju testenine na niskim temperaturama kvalitet testenine zavisi i od kvaliteta i od kvantiteta proteina iz sirovine, dok pri sušenju na visokim temperaturama za kvalitet testenine je odgovoran samo kvantitet proteina. Takođe, veliki je broj istraživanja koja ukazuju da je upotrebom visokih (60–85 °C) i veoma visokih (85–110 °C) temperatura ostvaren veliki tehnološki napredak koji se ogleda u povećanju produktivnosti, smanjenju utroška energije, poboljšanju senzorskog kvaliteta proizvoda i njegove mikrobiološke ispravnosti, kao i u značajnom unapređenju kvaliteta kuvane testenine (Cuq i sar., 2003; Medvedev, 1999b; Pestorić, 2007; Pollini, 1996). Međutim, sušenjem testenine pri veoma visokim temperaturama može doći do tamnjenja testenine, tj. testenina poprima intenzivno narandžastu boju, što je posledica odigravanja Maillard-ove reakcije i formiranja furozina, štetnog, toksičnog jedinjenja. Osim navedenog, Bonomi i saradnici (2012) su primetili da se glutenska mreža denaturiše i postaje nerastvorna kada se testenina suši na visokoj temperaturi, zbog čega je proteinska frakcija manje osetljiva na promene tokom kuvanja. Takođe, matriks interferira sa bubrenjem skroba, pa testenina sušena na visokim temperaturama apsorbuje manju količinu vode.

2.4.5. Uticaj pojedinih dodataka na kvalitet testenine

Testenina predstavlja proizvod male prehrambene vrednosti, bogat skrobom ali oskudan u pogledu sadržaja proteina. Zbog niskog sadržaja esencijalnih aminokiselina, naročito lizina i treonina, belančevine testenine imaju mali koeficijent efikasnosti. Takođe, testenina je deficitarna u vitaminima i mikroelementima. Ugljeni hidrati iz testenine nalaze se u lakosvarljivim oblicima, polako se apsorbuju u organizmu i daju

dugotrajan osećaj sitosti. Međutim, energetska vrednost u testenini varira u zavisnosti od upotrebljenih sirovina u proizvodnji (Pestorić, 2007).

Sa nutritivne tačke gledišta, kuvana testenina dobijena samo od durum krupice, ne može se smatrati kompletnim obrokom (Pestorić, 2007). Imajući na umu činjenicu da se testenina značajno menja tokom kuvanja (u većini slučajeva oko 20% početnog sadržaja ugljenih hidrata, mineralnih materija, aminokiselina i vitamina ispere se sa ključalom vodom), treba je posmatrati kao polugotov proizvod koji se najčešće jede uz dodatak različitih sosova, mesa, sira, povrća (Pestorić, 2007; Sakač i sar., 2012).

U cilju poboljšanja nutritivne vrednosti, poboljšanja ukusa ili postizanja atraktivnijeg izgleda i boje testenine, u zames testa mogu se dodavati različite komponente. Većina dodatih sastojaka može popraviti teksturna svojstva kuvane testenine, ali, isto tako, usled smanjenja količine vlažnog glutena, narušavaju se čvrstoća testa i osušenih oblika testenine i, posledično, kvalitet kuvane testenine. Imajući u vidu do sada navedenu ulogu proteina, pre svih glutena, u proizvodnji testenine i uticaju na njen kvalitet, jasno se ističe problem koji se stavlja pred tehnologe kada treba da se proizvede testenina u kojoj se deo ili celokupna masa durum krupice zamenjuje nekim namenskim brašnom ili funkcionalnim komponentama, a da pritom proizvedena testenina bude zadovoljavajućeg kvaliteta. Supstitucija određene količine durum krupice nekom drugom sirovinom, poput integralnog brašna drugih žita ili pseudožita, predstavlja pravi tehnološki izazov, a jedan od pristupa koji se može primeniti je upotreba odgovarajućeg dodatka pogodnog za proizvodnju kohezivne strukture koja može nadomestiti izostanak stvaranja glutenske mreže tokom zamesa testa (Marti i sar., 2010). U tom pogledu mogu se koristiti modifikovani skrobovi, gume, emulgatori, proteini i enzimi. Pri dodatku jaja, zbog prisustva albumina, poboljšava se čvrstoća i smanjuje lepljivost (Bejarović, 2011).

Novi trendovi u proizvodnji testenine kao polazne sirovine u formulaciji neretko imaju brašna, kod kojih pri zamesu testa izostaje stvaranje snažne glutenske mreže što dovodi do narušavanja teksturnih svojstava i kvaliteta kuvane testenine. Zbog značaja sagledavanja uticaja formulacije na kvalitet testenine, ova tema biće obrađena u posebnom poglavlju.

2.5. TESTENINA – MATRIKS POGODAN ZA OBOGAĆIVANJE RAZLIČITIM NUTRITIVNIM I FUNKCIONALNIM SASTOJcima

Viševjekovna proizvodnja testenine bila je usmerena na upotrebu krupice tvrde pšenice – *Triticum durum*, jer su se njenom primenom dobijali testeničarski proizvodi najboljeg kvaliteta. U nedostatku durum pšenice testenina se proizvodi i od brašna meke pšenice – *Triticum aestivum spp.* vulgar. Osim toga, u nekim krajevima sveta u kojima proizvodnja pšenice nije zastupljena, testenina se proizvodi i od pirinča (Azija), kukuruza (Južna Amerika i Afrika), drugih žita, krompirovog brašna i mahunarki.

Danas se u proizvodnji testenina sve češće mogu pronaći „specijalne“ vrsta testenina koje su posebno pogodne za ljude koji pate od različitih alergijskih bolesti [testenina od kukuruznog (Mariotti i sar., 2011), pirinčanog (Mariotti i sar., 2011; Marti i sar., 2010), heljadinog (Chillo i sar., 2008a), krompirovog (Cheyne i sar., 2005) i drugih vrsta brašna]. Takođe, idući u korak sa zahtevima savremenog društva za brzim pripremanjem hrane, razvijena je i proizvodnja instant testenine, za čiju pripremu je dovoljno samo je na kratko potopiti u toplu ili hladnu vodu (Hau i sar., 2009; Moazami Farahany i Jinap, 2011; Wang i sar., 2011).

Imajući u vidu činjenicu da je testenina od tvrde ili meke pšenice siromašna proteinima, vitaminima i mineralima (Giese, 1992), veliki broj istraživanja bio je usmeren ka proizvodnji testenine obogaćene proteinima. U tu svrhu koristili su se albumin jajeta, proteini surutke, proteinski izolati i koncentracije pasulja, proteinski izolati kvasca i izolati soje, ali i brašna različitih žita, pseudožita ili mahunarki bogatih proteinima (brašno od graška – Petitot i sar., 2010; Sudha i Leelavathi, 2011; Zhao i sar., 2005; leblebije – Chillo i sar., 2008a; Fares i Menga, 2012; Wood, 2009; lupine, heljde – Chillo i sar., 2008b; Rayas-Duarte i sar., 1996; ili soje – Limroongreungrat i Huang, 2007). Osim toga, velika pažnja je poklonjena istraživanjima koja su imala za cilj da ostvare povećanje sadržaja prehrambenih vlakana, minerala ili vitamina u testenini. U Tabeli 2.4. dat je pregled dosadašnjih istraživanja na polju obogaćivanja testenine i kratak opis uticaja korišćenih dodataka na kvalitet testenine.

Pored iznetih činjenica u Tabeli 2.4, treba dodati da se poslednjih godina naročita pažnja posvećuje proizvodnji bezglutenske testenine, namenjene ishrani ljudi obolelih od celijakije. Proizvodnja bezglutenskih proizvoda je pravi izazov za tehnologe i veliki je broj istraživanja posvećen iznalaženju adekvatnih sirovina i aditiva kako bi se prevazišlo nepostojanje glutenske mreže, a obezbedio prihvatljiv kvalitet proizvoda (Chillo i sar., 2007; Sozer, 2009; Susanna i Prabhasankar, 2012; Yalcin i Basman, 2008).

Za proizvodnju bezglutenske testenine najviše se koristi pirinčano i kukuruzno brašno, kukuruzni skrob, skrob iz krompira, brašno i proteini lupina, brašno tapioke i suncokreta (Mariotti i sar., 2011). Heljda je jedna u nizu sirovina koja se može koristiti kako u proizvodnji bezglutenske testenine tako i za obogaćivanje tradicionalne testenine. Potencijal ovog pseudožita je velik, o čemu svedoče brojna dosadašnja ispitivanja njenog nutritivnog i funkcionalnog profila i mogućnosti upotrebe u proizvodnji ne samo testeničarskih, već i pekarskih i brašneno-konditorskih proizvoda.

Tabela 2.4. Uticaj dodatka funkcionalne komponente na kvalitet testenine

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|---|--|---|-----------------------------|
| Brašno meke pšenice (nije naveden oblik) | Pšenične mekinje (5–25% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: tvrdoća nekuvane i čvrstoća kuvane testenine.</p> <p>Sa povećanjem stepena supstitucije dela pšeničnog brašna pšeničnim mekinjama instrumentalno izmerene tvrdoća nekuvane testenine i čvrstoća kuvane testenine se smanjuju u poređenju sa kontrolnim uzorkom od brašna meke pšenice.</p> <p>Senzorska ocena: ukus, boja, miris, čvrstoća, lepljivost, ukupan kvalitet kuvane testenine.</p> <p>Sa povećanjem stepena supstitucije pšeničnim mekinjama smanjuje se senzorska ocena ukupnog kvaliteta testenine.</p> | Wójtowicz i Mościcki (2011) |
| Brašno meke pšenice (špagete) | <p>1) Rezistentni skrob tip II (10% supstitucije) – RSII</p> <p>2) Rezistentni skrob tip IV (10% supstitucije) – RSIV</p> <p>3) Ovsene mekinje (10% supstitucije) – OM</p> | <p>Senzorska ocena: čvrstoća, žvakljivost, elastičnost, površinska lepljivost, ukupna dopadljivost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucijom mekog pšeničnog brašna sa RSII, RSIV ili OM, intenzitet čvrstoće, žvakljivosti i elastičnosti se smanjuje, a površinska lepljivost se povećava u poređenju sa kontrolnim uzorkom od mekog pšeničnog brašna. Uzorci sa različitim tipom rezistentnog skroba međusobno se ne razlikuju, dok su špagete sa OM najlepljivije i sa najmanjom čvrstoćom, žvakljivošću i elastičnošću.</p> | Bustos i sar. (2011) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|--------------------------------|---|--|-----------------------|
| Semolina (špagete) | 1) Rezistentni skrob tip III (10% supstitucije) 2) Pšenične mekinje (10% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja i senzorska ocena: tvrdoća, kohezivnost, elastičnost, adhezivnost, žvakljivost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija pšeničnim mekinjama ili rezistentnim skrobom značajno povećavaju adhezivnost i žvakljivost, a smanjuju kohezivnost u odnosu na kontrolne kuvane špagete. Pšenične mekinje utiču i na značajno povećanje tvrdoće uzoraka.</p> <p>Instrumentalno izmerena tvrdoća, adhezivnost i kohezivnost kuvanih špageta su u značajnoj ($P < 0,05$) veoma jakoj korelaciji sa senzorskom ocenom.</p> <p>Procenat raskuvavanja: dodatak mekinja povećava procenat raskuvavanja špageta u odnosu na kontrolne i špagete sa dodatim skrobom.</p> <p>Ukupno gledano bolja teksturna svojstva postignuta su supstitucijom durum semoline rezistentnim skrobom.</p> | Sozer i sar. (2007) |
| Semolina (špagete) | 1) Brašno od graška (35% supstitucije) 2) Brašno od boba (35% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: tvrdoća, kohezivnost, elastičnost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija dela durum semoline ispitivanim brašnima leguminoza utiče na značajno povećanje čvrstoće kuvanih špageta u odnosu na kontrolni uzorak od durum semoline. Nije zapažen značajan uticaj na kohezivnost i elastičnost uzoraka.</p> <p>Senzorska ocena: površinska glatkoća, homogenost teksture, tvrdoća, elastičnost, lomljivost kuvanih špageta</p> <p>Supstitucija dela durum semoline ispitivanim brašnima leguminoza utiče na značajno povećanje čvrstoće, elastičnosti i lomljivosti kuvanih špageta u poređenju sa kontrolnim uzorkom.</p> | Petitot i sar. (2010) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|--------------------------------|--|--|------------------------------|
| | | Procenat raskuvavanja: supstitucija dela durum semoline brašnom ispitivanih mahunarki povećava procenat raskuvavanja u odnosu na kontrolni uzorak. | |
| Semolina (špagete) | 1) inulin (7,5; 10,0; 12,5; 15% supstitucije) 2) guar guma (3,0; 5,0; 7,0; 10,0% supstitucije) 3) prehrambena vlakna iz graška (7,5; 10,0; 12,5; 15,0% supstitucije) | Instrumentalna merenja: elastičnost, adhezivnost, lepljivost, čvrstoća kuvanih špageta. Povećanje stepena supstitucije svim posmatranim supstituentima utiče na smanjenje čvrstoće špageta; dodatak inulina i guar gume značajno smanjuju elastičnost špageta u poređenju sa kontrolnim uzorkom od durum semoline, a povećavaju njihovu lepljivost i adhezivnost. Procenat raskuvavanja: Značajno povećanje procenta raskuvavanja uzoraka špageta sa vlaknima iz graška i inulinom u poređenju sa kontrolnim uzorkom. | Tudorică i sar. (2002) |
| Semolina (špagete) | Brašno od leblebije (5; 10; 15; 20% supstitucije) | Procenat raskuvavanja: Značajno povećanje procenta raskuvavanja uzoraka špageta sa različitim udelom brašna od leblebije u poređenju sa kontrolnim uzorkom od durum semoline | Fares i Menga (2012) |
| Semolina (špagete) | Skrob iz banane (5; 10; 15; 20% supstitucije) | Instrumentalna merenja: čvrstoća kuvanih špageta Sa povećanjem stepena supstitucije čvrstoća kuvanih špageta se značajno smanjuje. Senzorska ocena: aroma, tekstura, ukus kuvanih špageta. Supstitucija semoline skrobom iz banane doprinela je poboljšanju senzorske prihvatljivosti kuvanih špageta; senzorski najprihvatljiviji uzorak špageta sa 15% skroba iz banane. Procenat raskuvavanja: Značajno povećanje procenta raskuvavanja pri kuvanju špageta sa različitim udelom skroba iz banane u poređenju sa | Hernández-Nava i sar. (2009) |

| Matriks/oblik testenine | Dodatak | Određivanje kvaliteta | Izvor |
|-------------------------|---|---|--------------------------------|
| Semolina (špagete) | 1) Guar guma – GG (0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0% supstitucije) 2) Karboksimetil celuloza – CMC (0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5% supstitucije) | <p>kontrolnim uzorkom od semoline.</p> <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća, lepljivost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija dela durum semoline sa CMC nema uticaj na čvrstoću, a lepljivost se povećava (najveća za 0,5 i 1% supstitucije) u poređenju sa kontrolnim uzorkom od durum semoline. U zavisnosti od stepena supstitucije GG različit je uticaj na čvrstoću špageta (sa 2,5% GG čvršće, sa 20% GG mekše u odnosu na kontrolni uzorak).</p> <p>Senzorska ocena: površinska hrapavost, guminoznost, brašnjavost, žvackljivost, lepljivost.</p> <p>Sa povećanjem stepena supstitucije površinska hrapavost i guminoznost se smanjuju u uzorcima špageta sa CMC u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Sa povećanjem stepena supstitucije GG, površinska hrapavost i žvackljivost u uzorcima špageta se smanjuju, a lepljivost se povećava.</p> <p>Procenat raskuvavanja: Značajno povećanje procenta raskuvavanja pri kuvanju špageta sa različitim udelom GG (10–20%) u poređenju sa kontrolnim uzorkom od durum semoline.</p> | Aravind i sar. (2012) |
| Semolina (špagete) | Inulin (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća, adhezivnost, elastičnost kuvanih špageta.</p> <p>Sa povećanjem stepena supstitucije čvrstoća kuvanih špageta se smanjuje, nema značajnog uticaja na adhezivnost i elastičnost.</p> | Brennan i sar., (2004) |
| Semolina (špagete) | Brašno od meksičkog pasulja (0; 15 i 30% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća kuvanih špageta.</p> <p>Sa povećanjem stepena supstitucije semoline brašnom od meksičkog pasulja čvrstoća kuvanih špageta se značajno smanjuje.</p> <p>Procenat raskuvavanja: Značajno povećanje procenta raskuvavanja pri</p> | Gallegos-Infante i sar. (2010) |

| Matriks/oblik testenine | Dodatak | Određivanje kvaliteta | Izvor |
|---|--|--|-----------------------|
| Semolina (špagete) | Smeša heljadinog brašna – HB (10; 20; 30%) i pšeničnih mekinja – PM (10; 15; 20%) | <p>kuvanju špageta sa različitim udelom brašna od meksičkog pasulja u poređenju sa kontrolnim uzorkom od semoline.</p> <p>Instrumentalna merenja: lepljivost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija durum semoline sa HB i PM ne utiče značajno na lepljivosti kuvanih špageta u poređenju sa kontrolnim uzorkom od durum semoline, osim za formulacije sa 10% HB i 15% PM, 20% HB i 15% PM, 20% HB i 20% PM kada su špagete manje lepljive.</p> <p>Senzorska ocena: adhezivnost, rastresitost, čvrstoća kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija durum semoline sa HB i PM doprinela je boljim ocenama adhezivnosti, rastresitosti i čvrstoće špageta sa različitim stepenom supstitucije HB i PM u poređenju sa kontrolnim uzorkom.</p> <p>Procenat raskuvavanja: Manji procenat raskuvavanja uzoraka sa 30% HB i 10–15% PM, u odnosu na kontrolni uzorak; svi ostali uzorci spageta imaju procenat raskuvavanja na istom nivou kao i kontrolni uzorak, ukazujući na prihvatljiv kvalitet kuvane testenine.</p> | Chillo i sar. (2008a) |
| Pšenično brašno i semolina (laminirana testenina širine 2 mm) | <ol style="list-style-type: none"> 1) 5% list šargarepe + 5% list origana 2) 10% list šargarepe 3) 10% list origana 4) 10% list šargarepe + 10% list origana | <p>Senzorska ocena: boja, tekstura, aroma, miris kuvanih testenina.</p> <p>Supstitucija dela smeše pšeničnog brašna i semoline listom origana, kao i smešom lista origana i šargarepe (5%) povoljno utiče na ocenu senzorskih svojstava, dok supstitucija listom šargarepe i smešom lista origana i šargarepe u većem procentu (10%) nepovoljno utiče na posmatrana senzorska svojstva, naročito na miris i boju.</p> <p>Procenat raskuvavanja: Značajno povećanje procenta raskuvavanja samo u slučaju supstitucije sa smešom od 10% lista origana i šargarepe.</p> | Boroski i sar. (2011) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|---|---|---|-------------------------|
| Semolina (makarone) | Brašno od kore manga (0; 2,5; 5,0; 7,5% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća kuvanih makarona.</p> <p>Supstitucija brašnom od kore manga povećava čvrstoću makarona.</p> <p>Senzorska ocena: boja, tekstura, ukus kuvanih makarona.</p> <p>Supstitucija brašnom kore manga sa stanovišta senzorske prihvatljivosti boje, teksture i ukusa preporučljiva je do 5,0%.</p> <p>Procenat raskuvavanja: povećava se sa povećanjem stepena supstitucije brašnom od kore manga.</p> | Ajila i sar. (2010) |
| Semolina (špagete) | Ječam (10–50% supstitucije) | <p>Senzorska ocena: površinska hrapavost, čvrstoća, elastičnost, lepljivost, rastresitost, ukupna dopadljivost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija dela durum semoline brašnom ječma nema uticaj na ocenu elastičnosti. Povećanje nivoa supstitucije utiče na značajno povećanje čvrstoće, površinske hrapavosti i ukupne dopadljivosti u odnosu na kontrolni uzorak od durum semoline. Površinska lepljivost i rastresitost značajno su sniženi.</p> | Lamacchia i sar. (2011) |
| Pšenično brašno sa visokim sadržajem proteina (nudle) | Zeleni čaj (prah)(0; 1; 2; 3% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća, elastičnost, žvakljivost kuvanih nudli.</p> <p>Supstitucija dela pšeničnog brašna spraćenim zelenim čajem doprinosi povećanju čvrstoće, elastičnosti i žvakljivosti kuvanih nudli u poređenju sa kontrolnim nudlama bez dodatka zelenog čaja.</p> <p>Senzorska ocena: boja nekuvanih i kuvanih nudli, površinska glatkoća, čvrstoća, elastičnost, miris i ukupna dopadljivost.</p> <p>Supstitucija dela pšeničnog brašna spraćenim zelenim čajem nema uticaja na senzorsku ocenu površinske hrapavosti, čvrstoće i elastičnosti kuvanih nudli u poređenju sa kontrolnim uzorkom.</p> <p>Procenat raskuvavanja: smanjuje se sa dodatkom spraćenog zelenog čaja</p> | Li i sar. (2012) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|--------------------------------|--|---|--------------------|
| | | u poređenju sa kontrolnim uzorkom. | |
| Semolina (špagete) | Brašno od leblebije (0, 10; 15; 20; 25 i 30% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća, elastičnost, lepljivost kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucijom dela durum semoline (20–30%) brašnom od leblebije značajno se snižavaju čvrstoća, elastičnost i lepljivost kuvanih špageta.</p> <p>Senzorska ocena: boja, čvrstoća, miris, ukupna dopadljivost kuvanih špageta.</p> <p>Nema značajne razlike u dopadljivosti boje, mirisa kao i u ukupnoj dopadljivosti kuvanih špageta koje sadrže od 15% do 30% brašna od leblebije u poređenju sa kontrolnim uzorkom od durum semoline.</p> <p>Procenat raskuvavanja: Smanjuje se sa povećanjem stepena supstitucije brašnom od leblebije.</p> | Wood (2009) |
| Semolina (špagete) | 1) brašno zelenog graška (dve sorte) 2) brašno žutog graška (dve sorte) 3) brašno leblebije (dve sorte) 4) brašno sočiva nivoi supstitucije: 5; 10; 15; 20 i 30% | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija dela semoline brašnom od zelenog i žutog graška doprinela je značajnom povećanju čvrstoće kuvanih špageta u odnosu na špagete koje sadrže brašno od leblebije i sočiva.</p> <p>Senzorska ocena: izgled, boja, lepljivost, elastičnost, čvrstoća, miris, aroma, ukupan kvalitet.</p> <p>Povećanjem stepena supstitucije brašnima ispitivanih mahunarki smanjuju se ocene za izgled, elastičnost i ukupan kvalitet, dok se za čvrstoću i miris ocena povećava. U pogledu senzorske prihvatljivosti, optimalan nivo supstitucije brašnom zelenog graška i sočiva je 15%, a brašnom leblebije i žutog graška je 20%.</p> | Zhao i sar. (2005) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|--------------------------------|---|--|---------------------------|
| Brašno meke pšenice (fusili) | Zeleni grašak (0; 10; 20; 30% supstitucije) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća kuvanih špageta.</p> <p>Povećanjem stepena supstitucije brašnom zelenog graška smanjuje se čvrstoća kuvanih špageta u odnosu na kontrolni uzorak od brašna meke pšenice.</p> <p>Senzorska ocena: izgled, boja, čvrstoća, tekstura u ustima, ukus, ukupan kvalitet.</p> <p>Supstitucija dela brašna meke pšenice (20–30%) brašnom zelenog graška doprinela je značajnom povećanju čvrstoće i pogoršanju teksture u ustima, pri čemu je značajno smanjena ocena ukupnog kvaliteta ovih špageta u odnosu na kontrolni uzorak</p> <p>Procenat raskuvavanja: povećanje procenta raskuvavanja sa povećanjem stepena supstitucije.</p> | Sudha i Leelavathi (2011) |
| Brašno amarantusa (špagete) | 1) brašno od kinoe 2) brašno od boba 3) brašno od leblebija (nivo supstitucije 10,7% za sve špagete) | <p>Instrumentalna merenja: lepljivost kuvanih špageta.</p> <p>Manja lepljivost kuvanih bezglutenskih špageta u odnosu na kontrolne špagete napravljene od durum semoline.</p> <p>Senzorska ocena: adhezivnost, rastresitost, čvrstoća kuvanih špageta.</p> <p>Nema značajne razlike u adhezivnosti u odnosu na kontrolni uzorak od durum semoline; rastresitost veća usled supstitucije brašnom boba, a čvrstoća manja usled supstitucije brašnom kinoe.</p> <p>Procenat raskuvavanja: veći u odnosu na kontrolne špagete; najmanji kod uzoraka kod kojih je amarantus supstituisan sa brašnom leblebije.</p> | Chillo i sar. (2008b) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|--|--|---|---------------------------------|
| Brašno kinoe Brašno ovsa (špagete) | 1) skrob (10; 20; 30%) 2) natrijumova so karboksimetil celuloze – CMC (0,1; 0,2; 0,3%) | Senzorska ocena: boja i homogenost nekuvanih špageta; lepljivost, rastresitost, čvrstoća, miris i ukus kuvanih špageta. Sva ispitivana senzorska svojstva kuvanih špageta na bazi brašna kinoe ocenjena su kao prihvatljiva, za razliku od špageta na bazi ovsenog brašna koja su ocenjena kao neprihvatljiva bez obzira da li su dodati skrob ili CMC. | Chillo i sar. (2009) |
| Brašno za keks (špagete) | Goveđa krvna plazma (osušena u sprej sušari) (nivoi supstitucije: 2,2; 4,2; 6,3; 8,4% supstitucije) | Instrumentalna merenja: tvrdoća, elastičnost, žvkljivost, guminoznost kuvanih špageta. Supstitucija dela brašna za keks goveđom krvnom plazmom dovodi do povećanja tvrdoće (pri 4,2–6,3%), žvkljivosti i guminoznosti (pri 6,3%). Senzorska ocena: boja, aroma, miris, tekstura, naknadni ukus kuvanih špageta. Supstitucija goveđom krvnom plazmom dovodi do povećanja ocena svih ispitivanih senzorskih svojstava, osim za uzorke sa najvišim stepenom supstitucije. | Yousif i sar. (2003) |
| Durum semolina (špagete) | Goveđe srce (liofilizovano i sprašeno; 0; 10; 30% supstitucije) | Instrumentalna merenja: čvrstoća, tvrdoća, kohezivnost, elastičnost, adhezivnost, žvkljivost kuvanih špageta Supstitucija dela durum semoline sprašenim goveđim srcem utiče na značajno povećanje tvrdoće, žvkljivosti, čvrstoće i adhezivnosti kuvanih špageta u odnosu na kontrolni uzorak od durum semoline. | Dhanasettakorn i sar. (2009) |
| Brašno od slatkog krompira (nudle) | 1) Odmašćeno brašno soje, 2) Sojin proteinski koncentrat (nivoi supstitucije: 0; 15; 30 i 45%) | Instrumentalna merenja: čvrstoća, adhezivnost, kohezivnost, elastičnost kuvanih nudli. Supstitucijom dela brašna od slatkog krompira brašnom od soje ili sojinim proteinskim koncentratom, značajno se smanjuju čvrstoća, lepljivost i elastičnost kuvanih nudli. | Limroongreungrat i Huang (2007) |

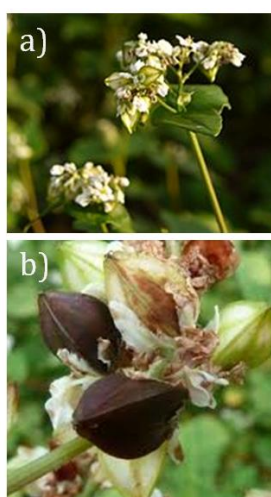
| Matriks/oblik testenine | Dodatak | Određivanje kvaliteta | Izvor |
|---|---|---|----------------------------|
| Semolina (špagete) | Mikroalge <i>Isochrysis galbana</i> i <i>Diacronema vlkianum</i> (0; 0,5; 1,0; 2,0% supstitucije) | <p>Procenat raskuvavanja: značajno povećanje procenta raskuvavanja sa povećanjem stepena supstitucije brašnom od soje ili sojinim proteinskim koncentratom</p> <p>Senzorska ocena: boja, aroma, miris, tekstura kuvanih špageta.</p> <p>Sa povećanjem stepena supstitucije ispitivanim mikroalgama smanjuje se dopadljivost posmatranih senzorskih svojstava u odnosu na kontrolni uzorak od durum semoline. Ne preporučuje se supstituisanje sa više od 0,5%.</p> <p>Procenat raskuvavanja: manji tokom kuvanja špageta sa dodatim mikroalgama u poređenju sa kontrolnim uzorkom.</p> | Fradique i sar. (2013) |
| Durum brašno ekstra i I kvaliteta (špagete) | 1) belo heljdino brašno 2) integralno heljdino brašno 3) brašno amarantusa 4) brašno lupine (nivoi supstitucije: 5; 15; 25 i 30%) | <p>Instrumentalna merenja: čvrstoća kuvanih špageta.</p> <p>Značajno smanjenje čvrstoće špageta se značajno smanjuje pri supstituciji integralnim heljdnim brašnom i amarantusom.</p> <p>Senzorska ocena: čvrstoća, adhezivnost, bubrenje, zrnastost, građa čestica, ukus (zemljast, sirov, buđav) kuvanih špageta.</p> <p>Supstitucija <i>belim heljdnim brašnom</i> (25–30%): povećanje intenziteta zrnastosti i veličine čestica; supstitucija <i>integralnim heljdnim brašnom</i> (15%): značajno smanjenje čvrstoće i povećanje zrnastosti, povećanje ukusa na buđ (25%); supstitucija <i>brašnom amarantusa</i> (25–30%): značajno smanjenje čvrstoće i veličine čestica, a veće bubrenje, zemljastog i ukusa na buđ; supstitucija <i>brašnom lupine</i>: značajno povećanje adhezivnosti i zrnastosti, a smanjenje veličine čestica.</p> <p>Procenat raskuvavanja: značajno povećanje tokom kuvanja špageta sa integralnim heljdnim brašnom (15–30%), amarantusom (25–30%) i lupinom (30%), ali je u granicama prihvatljivog kvaliteta.</p> | Rayas-Duarte i sar. (1996) |

| <i>Matriks/oblik testenine</i> | <i>Dodatak</i> | <i>Određivanje kvaliteta</i> | <i>Izvor</i> |
|--------------------------------|--|---|---------------------|
| Semolina (špagete) | 1) belo heljdino brašno (HB: 20; 30% supstitucije) 2) heljdine mekinje (HM: 20; 30% supstitucije) 3) smeša belog heljdinog brašna i mekinja (HB: 10; 15; 20% i HM: 10; 15; 20% supstitucije) | Procenat raskuvavanja: značajno povećanje procenta raskuvavanja, naročito tokom kuvanja špageta sa mekinjama heljde u poređenju sa kontrolnim špagetama od durum semoline. | Biney i Beta (2014) |

2.5.1. Heljda – sirovina za proizvodnju nutritivno i funkcionalno obogaćene testenine

Heljda (grčki *phagos*–bukva i *pyros*–zrno) je jednogodišnja dikotiledona biljka (Slika 2.7) iz familije *Polygonaceae*, koja se ubraja u pseudožita zbog svoje sličnosti sa konvencionalnim žitima, pre svega zbog visokog sadržaja skroba. Plod heljde je seme koji se razvija iz cveta. Iako se na biljci razvija veliki broj cvetova (preko 2000 hiljade), zrno se dobija iz svega 10–20% cvetova. Zrno heljde je nepravilnog oblika koji je u osnovi trouglast, smešteno u ljusku braon boje. U zavisnosti od vrste, mogu biti različite veličine, obično od 4 do 9 mm. Brzo kličaju i niču, obično nakon 3–4 dana, naročito kada se gaje u toplijim krajevima (Sakač i sar., 2012).

Heljda se lako prilagođava na uslove okoline, raste čak i na mestima sa niskom temperaturom i malom količinom padavina. Iako heljda raste i niče veoma brzo (puna zrelost nastupa 75 do 90 dana nakon setve), relativno nizak prinos od najviše 2 t/ha čini proizvodnju heljde, kao glavne kulture, manje isplativom. Međutim, heljdu je isplativo gajiti kao naknadni ili postrni usev, a često se koristi i da bi se zemljište pripremlilo za organsku proizvodnju drugih useva s obzirom da ne zahteva tretman pesticidima, a poboljšava kvalitet zemljišta na kome raste, jer zakišeljava zemljište i doprinosi većem sadržaju kalcijuma i fosfora kada se koristi kao đubrivo (Campbell, 1997).



Carstvo: Biljke
Red: Caryophyllales
Familija: Polygonaceae
Rod: *Fagopyrum*
Vrsta: *Fagopyrum esculentum*



Carstvo: Biljke
Red: Caryophyllales
Familija: Polygonaceae
Rod: *Fagopyrum*
Vrsta: *Fagopyrum tataricum*

Slika 2.7. Izgled cveta i lista heljde (a); ahena sa zrnom (b) dve vrste heljde (*Fagopyrum esculentum* i *Fagopyrum tataricum*)

(<http://faunaflora.islec.free.fr/Plantes/Polygonaceae/Fagopyrum%20esculentum.htm>;
<http://www.udec.ru/sornyaki/grechih.php>)

U Srbiji se heljda gaji uglavnom u brdsko-planinskim područjima, a poznati kraj po proizvodnji heljde je okolina planine Zlatar, okolina Nove Varoši sa Pešterskom visoravni i okolina Subotice (<http://www.zitasrbije.rs>). U Tabeli 2.5 dat je pregled najvećih svetskih proizvođača heljde na osnovu baze podataka FAOSTAT (2013).

Zvanični podatak o količini proizvedene heljde u Srbiji ne postoji (<http://www.zitasrbije.rs>).

Tabela 2.5. FAO procena proizvodnje heljde u svetu za 2013. godinu (FAOSTAT, 2013)

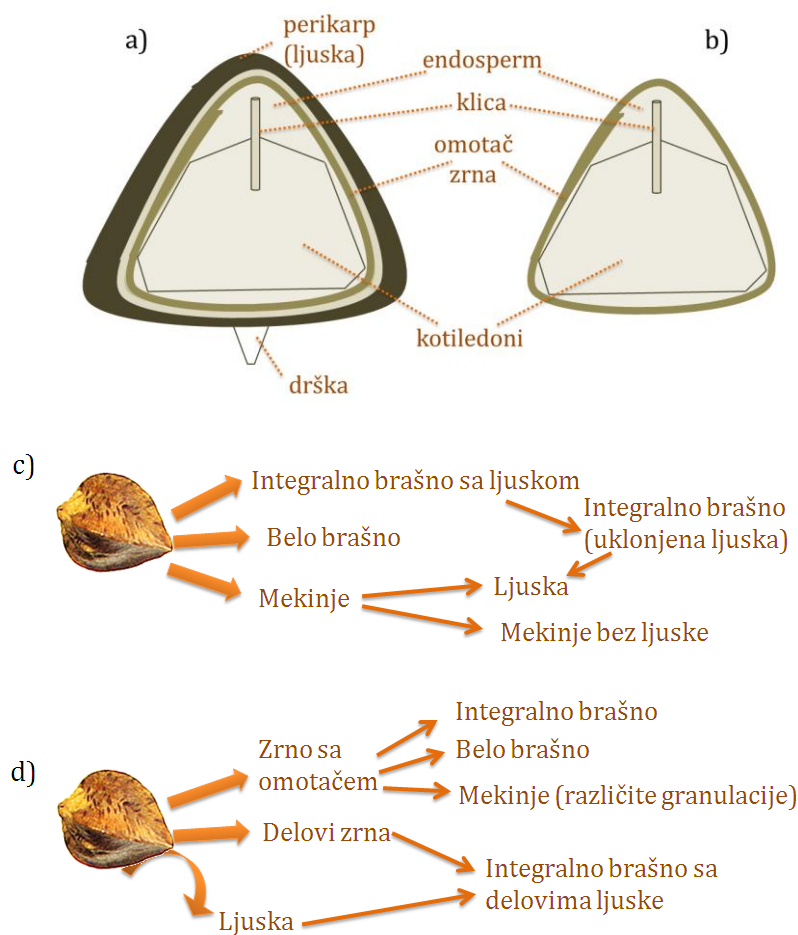
| <i>Zemlja</i> | <i>Godišnja proizvodnja (t)</i> | <i>Zemlja</i> | <i>Godišnja proizvodnja (t)</i> |
|---------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Rusija | 833,936 | Nepal | 10,056 |
| Kina | 733,000 | Butan | 4,500 |
| Kazahstan | 276,840 | Češka Republika | 2,400 |
| Ukrajina | 179,020 | Korea | 1,923 |
| Francuska | 154,800 | Slovenija | 1,052 |
| Poljska | 90,874 | Bosna i Hercegovina | 977 |
| Amerika | 81,000 | Estonija | 400 |
| Brazil | 62,000 | Hrvatska | 390 |
| Japan | 33,400 | Juzna Afrika | 250 |
| Belorusija | 30,353 | Mađarska | 110 |
| Litvanija | 28,200 | Gruzija | 100 |
| Letonija | 10,800 | Slovačka | 68 |
| Tanzanija | 10,500 | Republika Moldavija | 40 |

2.5.1.1. Građa i frakcije mlevenja zrna heljde

Uobičajeno je da se mlevenje zrna heljde sprovodi na mlinu sa valjcima ili mlinu sa kamenom. Tokom mlevenja dolazi do razdvajanja i usitnjavanja anatomskih delova zrna. Tehnološki postupak mlevenja sastoji se od sukcesivnog usitnjavanja i razdvajanja usitnjenog mliva. U zavisnosti od željene vrste brašna, zrno heljde može da se melje celo zajedno sa ljuskom (čitav ahen), ili nakon uklanjanja ljuske (zrno sa omotačem), ali u oba slučaja mogu se razlikovati sledeći delovi zrna: ljuska, oljušteno zrno, integralno i belo heljdino brašno i mekinje. Sastav frakcija mlevenja heljde razlikuje se u zavisnosti od prisustva najzastupljenijeg dela zrna u frakciji (Steadman i sar., 2001b).

Mlevenjem zrna heljde sa ljuskom i prosejavanjem na situ veličine otvora $\varnothing 1100 \mu\text{m}$ dobijaju se integralno brašno koje sadrži delove ljuske (oko 6–8%), delove zrna i mekinja. Iz ovako dobijenog brašna, prosejavanjem na sitima različite veličine otvora, i uklanjanjem ljuske, delova omotača zrna i klice, dobijaju se belo brašno koje uglavnom sadrži delove endosperma i mekinje (Sakač i sar., 2012).

Kada se prerađuje, tj. melje celo zrno heljde sa kojeg je prethodno na ljuštilici uklonjena ljuska, dobija se integralno ili tamno brašno bez delova ljuske, a njegovim prosejavanjem na sitima različite veličine otvora, frakcije prekrupe, belog brašna ($\varnothing 460 \mu\text{m}$) i mekinja koje se razlikuju od onih dobijenih mlevenjem zrna sa ljuskom (Slika 2.8) (Sakač i sar., 2012; Steadman i sar., 2001b).



Slika 2.8. Shematski prikaz vertikalnog preseka ahena (a) i zrna heljde (b); frakcije mlevenja ahena (c) i zrna sa kog je uklonjena ljuska (d) (Steadman i sar., 2001b)

Frakcija brašna koja je dobijena mlevenjem zrna heljde sa kojih je uklonjen omotač zrna, bogata je skrobom i odlikuje se slabim, slatkim ukusom. Brašno koje sadrži i srednji sloj zrna heljde ima specifičan ukus i obezbeđuje odgovarajuću žvakljivost proizvoda, dok brašno sa spoljašnjim delovima zrna obiluje specifičnim ukusom, ali pripremljeni proizvodi nemaju dobru žvakljivost (Ikeda, 2002).

2.5.1.2. Proizvodi od heljde

Heljda se zbog pozitivnog delovanja na zdravlje ljudi tradicionalno koristi u ishrani ljudi već vekovima. Međutim, njena kultivacija je bila u opadanju u prethodnom veku. Sa povećanjem svesti ljudi o povezanosti ishrane i zdravlja, kao i sa povećanjem zainteresovanosti ljudi za alternativne kulture, organsku proizvodnju i tradicionalne proizvode, heljda je ponovo doživela procvat. Aktuelna naučna literatura pruža uvid u brojna istraživanja o mogućnosti korišćenja različitih delova heljde u proizvodnji funkcionalno obogaćenih testeničarskih, pekarskih i brašneno-konditorskih proizvoda,

alkoholnih pića (Tabela 2.6), a u cilju povećanja njene dostupnosti i prepoznatljivosti na tržištu.

Tabela 2.6. Pregled proizvoda obogaćenih heljedinim brašnom

| <i>Vrsta proizvoda</i> | <i>Formulacija</i> | <i>Izvor</i> |
|---|---|-----------------------------|
| Testeničarski proizvodi | | |
| Testenina | 40–60% pšeničnog brašna supstituisano belim heljedinim brašnom | Alamprese i sar. (2007) |
| | 60:40 – belo heljdino brašno:pirinčano brašno | Alamprese i sar. (2007) |
| | 0–30% pšeničnog brašna supstituisano integralnim heljedinim brašnom | Manthey i sar. (2004) |
| | 20–100% durum brašna supstituisano belim/integralnim heljedinim brašnom i smešom belog i integralnog heljedinog brašna | Biney i Beta (2014) |
| | Bezglutenska testenina sa različitim odnosom brašna amarantusa (0-25-50%), brašna kinoe (0-25-50%) i heljedinog brašna (0–100%) | Schoenlechner i sar. (2010) |
| | 10–50% pšeničnog brašna supstituisano belim/integralnim heljedinim brašnom | Maeda i sar. (2004) |
| Nudle | 20:40:40 – heljdino brašno:pirinčano brašno:kukuruzni skrob | Bilgiçli (2009c) |
| | 30:35:35 – heljdino brašno:pirinčano brašno:kukuruzni skrob | |
| | 30% pšeničnog brašna supstituisano hidrotermički tretiranim belim heljedinim brašnom | Yoo i sar. (2012) |
| Pekarski proizvodi | | |
| Hleb | 0–100% pšeničnog brašna supstituisano belim heljedinim brašnom | Vogrinčič i sar. (2010) |
| | 10–30% pšeničnog brašna supstituisano integralnim heljedinim brašnom | Yildiz i Bilgiçli (2012) |
| | 20–40% pšeničnog brašna supstituisano integralnim heljedinim brašnom uz dodatak glutena | |
| | 15% pšeničnog brašna supstituisano belim/integralnim heljedinim brašnom | Lin i sar. (2009) |
| | 2,5–5,0% pšeničnog brašna supstituisano ekstraktom zelenih delova heljde | Gawlik-Dziki i sar. (2009) |
| Bezglutenski hleb sa promenljivim odnosom brašna obične i tatarske heljde (90–100%) | Costantini i sar. (2014) | |

| Vrsta proizvoda | Formulacija | Izvor |
|---------------------------------------|--|------------------------|
| | supstituisane brašnom čije (10%) 50% pšeničnog brašna supstituisano integralnim heljdim brašnom | Stokić i sar. (2015) |
| Brašeno- konditorski proizvodi | | |
| Krekeri | 70:30 – belo/integralno heljdino brašno: kukuruzna krupica (palenta) | Sedaj (2011) |
| Medenjaci | 30–50% pšeničnog brašna supstituisano belim/integralnim heljdim brašnom | Filipčev i sar. (2011) |
| Biskviti | Supstitucija kukuruznog brašna heljdim brašnom (40%) i brašnom od amarantusa (30%) 50% kukuruznog brašna supstituisano heljdim brašnom | Gambuš i sar. (2009) |
| Keks | 10–50% pšeničnog brašna supstituisano belim/integralnim heljdim brašnom | Maeda i sar. (2004) |

Za ljudsku ishranu najčešće se gaje dve vrste heljde – obična heljda *Fagopyrum esculentum* i ređe tatarska ili gorka heljda *Fagopyrum tataricum* (Slika 2.7), iako devet od mnoštva vrsta imaju poljoprivrednu i nutritivnu vrednost. Obična heljda se tradicionalno priprema i konzumira na različite načine u različitim zemljama (Slika 2.9). Prženo zrno heljde – *kasha* koristi se kao tradicionalno jelo u istočnoj Evropi. U Japanu se uglavnom pripremaju rezanci od heljde – *soba*; u Evropi i severnoj Americi heljdino brašno se najčešće meša sa pšeničnim brašnom za pripremu palačinki, biskvita i rezanaca; u Poljskoj i Rusiji očišćeno zrno i brašno se koriste za pripremu kaše i supe; u Švedskoj se heljda koristi kao nadev za ribu. U jugoistočnoj Aziji heljdino brašno se koristi u pripremi beskvasnog hleba – *chapattis*, mešavina heljdinog brašna i vode prženjem daje hrskav proizvod – *pakora*, a mešanjem heljdinog brašna sa krompirom dobija se proizvod – *parathas*. Osim u proizvodnji hrane, heljda se koristi i u proizvodnji alkoholnih pića i sirćeta. Cvetovi heljde, vrlo bogati nektarom, veoma su privlačni za pčele, te se od heljde može proizvoditi med. Od listova heljde se priprema čaj koji se koristi u farmakološke svrhe za lečenje edema nogu. Ljuska heljde se koristi za izradu specijalnih jastuka. U ishrani se mogu koristiti i klijanci heljde kao sveže povrće za salatu, termički obrađeni ili čak liofilizirani u prahu. (Sakač i sar., 2012).

U našoj zemlji heljda se viševjekovno tradicionalno koristi za spravljanje pita i palačinki od heljde, a može da se jede i kao prilog uz krompir (Sakač i sar., 2012).



Slika 2.9. Shematski prikaz upotrebe heljde i proizvoda od heljde

Premda se gotovo svi delovi biljke mogu upotrebljavati u različite svrhe, u ishrani ljudi i životinja, heljda se danas prvenstveno gaji zbog zrna, koje se najčešće prerađuje u brašno. Heljdino brašno se može upotrebljavati za obogaćenje već postojećih proizvoda supstitucijom osnovnog brašna heljdinim brašnom u određenom udelu, ili njegovom primenom u formulacijama za proizvodnju bezglutenskih proizvoda. Odsustvo glutena u heljdinom brašnu sprečava formiranje elastičnog i plastičnog testa, pa se heljdino brašno koristi u kombinaciji sa jednim ili više vrsta brašna od drugih žita, ili uz dodatak hidrokoloida u formulaciju koji bi doprineo razvoju povoljne strukture testa, ali i gotovog proizvoda (Lazaridou i sar., 2007). Nivo supstitucije heljdinim brašnom u nekoj formulaciji zavisi od vrste proizvoda i uglavnom je ograničen reološkim osobinama testa, kao i senzorskim profilom krajnjeg proizvoda. Prihvatljivost proizvoda na bazi heljde od strane potrošača uslovljena je prvenstveno izgledom, ukusom, ali i teksturnim svojstvima ovih proizvoda (Hatcher i sar., 2008). U Tabeli 2.6. dat je pregled proizvoda koji sadrže heljdino brašno, a koji su bili predmet proučavanja u naučnoj literaturi.

U narednim poglavljima biće prikazani nutritivni i antioksidativni profil heljdinog brašna kako bi se stekao uvid u dobrobiti korišćenja ovog brašna kao supstituenta u formulacijama u kojima kao komponenta najčešće dominira pšenično brašno.

2.5.1.3. Nutritivni profil heljde

Zrno heljde sadrži mnoštvo nutrijenata, čiji ukupni sadržaj zavisi od vrste i od uslova gajenja. Oljušteno zrna heljde je po nutritivnom sastavu veoma slično ostalim žitima. Ono sadrži oko 55% skroba, 12% proteina, 7% ukupnih prehrambenih vlakana, 4% lipida, 2% rastvorljivih ugljenih hidrata i 18% ostalih komponenti, kao što su organske

kiseline, polifenolna jedinjenja, tanini, nukleotidi i nukleinske kiseline (Bonafaccia i sar., 2003b). Zbog svojih pozitivnih osobina, pre svega visokokvalitetnih proteina, flavonoida, fitosterola, fagopirina i tiamin-vezujućih proteina, heljdino brašno je pogodno za nutritivno obogaćivanje i proizvodnju niza funkcionalnih komponenti i finalnih proizvoda (Sakač i sar., 2012).

Klica i aleuronski sloj sadrže najveći deo proteina, lipida i minerala (Steadman i sar., 2001b), dok endosperm obiluje skrobom, koji tokom klijanja hidrolizuje u proste šećere. Belo heljdino brašno uglavnom sadrži delove endosperma u čijem sastavu se nalazi oko 70–75% skroba, 6–10% proteina, 2–24% ukupnih prehrambenih vlakana, 1–3% lipida i 13% ostalih komponenti. Mekinje heljde sadrže oko 36% proteina, 18% skroba, 15% ukupnih prehrambenih vlakana, 11% lipida, 6% rastvorljivih ugljenih hidrata i oko 7% ostalih komponenti (Ahmed i sar., 2014). Za razliku od belog heljdinog brašna, integralno heljdino brašno osim delova endosperma sadrži i delove omotača zrna i klice, te je ono nutritivno bogatije u poređenju sa belim brašnom (Tabela 2.7).

Tabela 2.7. Hemijski sastav i sadržaj mineralnih materija u belom pšeničnom brašnu, belom i integralnom heljdinom brašnu

| | <i>Belo pšenično brašno (Bilgiçli, 2009a)</i> | <i>Belo heljdino brašno (Steadman i sar., 2001a,b)</i> | <i>Integralno heljdino brašno (Bilgiçli, 2009a)</i> |
|---|---|--|---|
| Osnovni hemijski sastav (g/100g) | | | |
| Proteini | 11,40 ± 0,57 | 6,50 ± 0,10 | 12,30 ± 0,42 |
| Pepeo | 0,52 ± 0,03 | 1,00 ± 0,00 | 1,95 ± 0,04 |
| Mast | 0,80 ± 0,07 | 1,40 ± 0,00 | 2,90 ± 0,14 |
| Celuloza | 0,50 ± 0,08 | n.p.* | 1,20 ± 0,14 |
| Skrob | 65,50 ± 0,71 | 74,40 ± 1,50 | 53,80 ± 0,28 |
| Minerali (mg/100g) | | | |
| Kalcijum | 28,00 ± 2,83 | 11,00 ± 0,50 | 19,40 ± 2,26 |
| Magnezijum | 45,50 ± 2,12 | 113,3 ± 0,30 | 234,9 ± 2,97 |
| Gvožđe | 1,53 ± 0,06 | 0,18 ± 0,14 | 2,72 ± 0,10 |
| Kalijum | 132,4 ± 9,33 | 209,6 ± 0,80 | 399,4 ± 7,92 |
| Fosfor | 139,0 ± 5,66 | 170,0 ± 0,00 | 460,6 ± 6,22 |
| Cink | 0,84 ± 0,10 | 0,96 ± 0,01 | 2,09 ± 0,04 |

* n.p. – nedostajući podatak

U poređenju sa većinom žitarica (pšenica, kukuruz, pirinač) heljda sadrži više magnezijuma, cinka, kalijuma, fosfora, bakra i mangana. Mineralne materije u heljdi primarno su locirane u ljusci i omotaču zrna, te je njihov sadržaj veoma visok u mekinjama, kao i u brašnima koja sadrže u većem udelu spoljašnje delove zrna (Bonafaccia i sar., 2003b; Steadman i sar., 2001a) (Tabela 2.7). Hung i sar. (2007) su analiziranjem 16 frakcija mlevenja zrna heljde ustanovili da brašna koja sadrže veći udeo spoljašnjih delova zrna sadrže i više mineralnih materija. Biodostupnost Zn, Cu i K iz heljde je posebno visoka, o čemu govori činjenica da 100 g heljdinog brašna može da

obezbedi oko 13–89% preporučene dnevne doze Zn, Cu, Mg i Mn. Najveći sadržaj minerala heljde nalazi se u ljusci (Bonafaccia i sar., 2003b; Hung i sar., 2007; Steadman i sar., 2001a).

Proteini

Količina proteina u heljdinom brašnu varira od 6,51% do 18,87% u zavisnosti od vrste i sorte heljde (Sakač i sar., 2012) i veoma se razlikuje u zavisnosti od frakcije mlevenja. Frakcije mlevenja heljde koje sadrže mekinje odlikuje najveći sadržaj proteina (36%) (Steadman i sar., 2001a), dok je sadržaj proteina u ljusci veoma nizak (oko 4%, Pomeranz i Robbins, 1972). Sadržaj proteina u belom heljdinom brašnu jedino je niži od sadržaja proteina ovsenog brašna, dok je značajno viši u poređenju sa pirinčanim, pšeničnim, kukuruznim, brašnom od prosa i sirka (Ahmed i sar., 2014). Kod žita kao što su pšenica, raž, ječam i kukuruz, osnovni proteini su prolamini, dok su kod heljde najzastupljeniji globulini (globulin – 43%, albumin – 18%, glutelin – 23%, prolamin – 0.8%; Javornik i Kreft, 1984).

Proteini heljde imaju visoku biološku vrednost zbog dobro izbalansiranog sastava aminokiselina (Tabela 2.8) i visokog sadržaja lizina, koji je limitirajuća aminokiselina u pšenici i ječmu. Pored visokog sadržaja lizina (6,1%), proteini zrna heljde poseduju i visok sadržaj arginina (9,1%) i asparaginske kiseline (11,3%), dok je sadržaj prolina (3,9%) i glutaminske kiseline (18,6%) nizak u poređenju sa nekim drugim žitima (Pomeranz i Robbins, 1972). Glavni problem sa proteinima heljde je njihova mala svarljivost, koja je posledica prisustva inhibitora proteaze (kao što su tripsin inhibitori) i tanina (Ikeda i sar., 1991).

Tabela 2.8. Sadržaj (g/100 g proteina) aminokiselina semoline, belog i integralnog heljdinog brašna

| | <i>Semolina (Manthey i Hall, 2007)</i> | <i>Belo heljdino brašno (Bonafaccia i sar., 2003a)</i> | <i>Integralno heljdino brašno (Manthey i Hall, 2007)</i> |
|-------------------|--|--|--|
| Alanin | 2,98 | 4,63 | 3,47 |
| Arginin | 4,02 | 9,91 | 8,93 |
| Asparaginska kis. | 4,26 | 10,2 | 7,90 |
| Cistin | n.p.* | 2,73 | n.p.* |
| Glutaminska kis. | 33,06 | 17,6 | 15,11 |
| Glicin | 3,05 | 6,09 | 4,93 |
| Histidin | 2,33 | 2,47 | 2,23 |
| Izoleucin | 3,65 | 3,93 | 3,00 |
| Leucin | 6,91 | 6,92 | 5,22 |
| Lizin | 3,01 | 5,84 | 4,99 |
| Metionin | 0,98 | 1,41 | 0,91 |
| Fenilalanin | 4,78 | 4,62 | 3,74 |
| Prolin | 9,97 | 4,45 | 3,24 |
| Serin | 3,56 | 5,02 | 3,53 |

| | <i>Semolina (Manthey i Hall, 2007)</i> | <i>Belo heljdino brašno (Bonafaccia i sar., 2003a)</i> | <i>Integralno heljdino brašno (Manthey i Hall, 2007)</i> |
|---------|--|--|--|
| Treonin | 2,30 | 3,71 | 3,13 |
| Tirozin | 2,99 | 2,70 | 2,49 |
| Valin | 4,25 | 5,23 | 4,37 |

* n.p. – nedostajući podatak

Ugljeni hidrati

Sadržaj skroba u celom zrnu heljde kreće se u intervalu 59–70%, pri čemu je njegov sadržaj u belom brašnu u intervalu 70–75%, dok je u mekinjama sadržaj skroba oko 18% računato na suhu materiju (Ahmed i sar., 2014). Skrob heljde karakterišu visok sadržaj masti i amiloze (oko 25%, Kim i sar., 1977). Skrobne granule heljde su sfernog, ovalnog i poligonalnog oblika, gusto upakovane u endosperm, a veličina im se kreće u intervalu 2–11,7 μm , premda ona zavisi od vrste heljde, klimatskih i uslova gajenja. Ovako male skrobne granule imaju veliku površinu, te poseduju veliki kapacitet apsorpcije vode (Hatcher i sar., 2008), koji može biti i do 103,7% (Kim i sar., 1977). Početna i završna temperatura želatinizacije skroba heljde je 61 i 65 $^{\circ}\text{C}$, redom (Kim i sar., 1977).

Sa nutritivnog aspekta razlikuju se tri frakcije skroba: brzo svarljivi skrob, sporo svarljivi skrob i rezistentni skrob koji je sličan prehrambenim vlaknima. Nadalje, rezistentni skrob može se podeliti na: fizički nedostupan, prirodni granularni i retrogradni skrob. Sadržaj rezistentnog skroba u sirovom zrnu heljde varira u intervalu 33–38% od ukupnog skroba, ali se hidrotermičkim tretmanom smanjuje na 7–10%. Nasuprot tome, sadržaj retrogradnog skroba se hidrotermičkim tretmanom povećava sa 1 na 4–7% (Sakač i sar., 2012).

Prehrambena vlakna heljde uglavnom su zastupljena u spoljašnjim delovima zrna, omotaču i ljusci, te je njihov sadržaj veći u brašnima koja sadrže ove anatomske delove zrna. Sadržaj ukupnih vlakana (rastvorljivi i nerastvorljivi) se u belom heljdinom brašnu kreće u intervalu 20–240 mg/g, u mekinjama u intervalu 150–160 mg/g, pri čemu oko polovine čine rastvorljiva vlakna, i u mekinjama sa delovima ljuske oko 400 mg/g, od čega su oko 250 mg/g rastvorljiva vlakna (Ahmed i sar., 2014).

Rastvorljivi ugljeni hidrati nalaze se pretežno u klici (71,4% od ukupnih rastvorljivih ugljenih hidrata) i mekinjama, a najmanje ih ima u endospermu. Najzastupljeniji rastvorljivi ugljeni hidrati su saharoza i fagopiritoli. Od fagopiritola najzastupljeniji je fagopiritol B1 (41,2% od ukupnih rastvorljivih ugljenih hidrata) (Sakač i sar., 2012). Mekinje heljde sadrže oko 26 mg/g fagopiritola računato na suhu materiju, dok belo i integralno heljdino brašno sadrže oko 7 i 3 mg/g fagopiritola, redom (Fonteles i sar., 2000).

Lipidi i vitamini

Sastav od 80% nezasićenih masnih kiselina i više od 40% polinezasićene esencijalne masne kiseline – linolne kiseline, čini heljdu nutritivno superiornom u pogledu sastava masnih kiselina u odnosu na zrna drugih žita (Steadman i sar., 2001a; b). Lipidi heljde sadrže visok nivo esencijalnih masnih kiselina, kao što su palmitinska (16:0) oko 19%, oleinska (18:1) oko 36% i linolna (18:2) oko 34% (Ahmed i sar., 2014). Lipidi su u heljdi koncentrisani u klici (7–14%), usled čega su mekinje frakcija koja je najbogatija lipidima, a ljuska najoskudnija (0,4–0,9%) (Christa i Soral-Šmietana, 2008).

U poređenju sa većinom žita, heljda ima i veći sadržaj vitamina, naročito vitamina B1 (tiamin), B2 (riboflavin), E (tokoferol) i B3 (niacin i niacinamid). Vitamini B1, B2 i B6 su koncentrisani u perifernim delovima endosperma i klice (Christa i Soral-Šmietana, 2008). Klijanjem zrna heljde dolazi do povećanja sadržaja vitamina C i ukupne količine vitamina B1 i B6. Najzastupljeniji tokoferol u heljdi je γ -tokoferol, a identifikovani su i α - i δ -tokoferol (Wijngaard i Arendt, 2006). Sadržaj vitamina zavisi od sorte heljde i u tatarskoj heljdi je sadržaj vitamina B veći nego u običnoj heljdi. Osim toga, sadržaj vitamina veoma zavisi od frakcije mlevenja, a najveći sadržaj se uočavaju u mekinjama (Sakač i sar., 2012).

Antinutrijenti

Iako postoje brojne nutritivne prednosti upotrebe heljde i proizvoda od heljde u ishrani, neophodno je napomenuti da heljda sadrži i antinutrijente, jedinjenja koja smanjuju bioraspoloživost minerala i proteina iz heljde. Jedan od njih je i fitinska kiselina. Sadržaj fitinske kiseline je nizak u ranim fazama razvoja biljke, ali se naglo uvećava usled sinteze skroba tokom sazreva zrna, dostižući nivo od oko 1–6% (Tavajjoh i sar., 2011). Pri određenim pH-vrednostima, fitinska kiselina gradi sa mineralima i proteinima nerastvorljive komplekse što redukuje njihovu bioraspoloživost. U heljdi, sadržaj fitinske kiseline je najveći u mekinjama (22,3–38,3 g/kg), dok je njen sadržaj u belom heljdinom brašnu gotovo deset puta manji (1,9–3,8 g/kg fitinske kiseline) (Steadman i sar., 2001a). U poređenju sa mahunarkama i drugim žitima, zrno heljde sadrži više fitinske kiseline. Postoje brojne naučne studije koje se bave utvrđivanjem sadržaja fitinske kiseline u različitim prehrambenim namirnicama, kao i one koje za cilj imaju redukciju njenog sadržaja (Febles i sar., 2002; Ficco i sar., 2009; Lazarte i sar., 2015; Me i Aw, 2009; Nielsen i sar., 2007; Tavajjoh i sar., 2011) obzirom na njeno nepovoljno delovanje na bioraspoloživost važnih nutrijenata.

U naučnim radovima već duže vreme ističe se važnost prehrambenih vlakana u postizanju, održavanju i poboljšanju zdravlja ljudi. Međutim, prehrambena vlakna mogu da vezuju minerale i proteine, čime se smanjuje njihova apsorpcija, odnosno svarljivost u digestivnom traktu. Bioraspoloživost proteina heljde je niska i zbog formiranja kompleksnih jedinjenja sa taninima prisutnim u heljdi. Pored toga, tanini utiču i na

apsorpciju vitamina i minerala. Najveći sadržaj tanina zabeležen je u mekinjama, a najmanji u belom heljdinom brašnu (Steadman i sar., 2001b).

Pored navedenog, neophodno je navesti i da konzumiranje heljde može izazvati alergijske reakcije koje uključuju astmu, alergijski rinitis i koprivnjaču. Kao alergeni heljde prepoznati su inhibitori proteaze (Sakač i sar., 2012).

Osim prirodnih antinutrijenata prisutnih u heljdi, potrebno je spomenuti i jedinjenja koja se formiraju tokom prerade zrna heljde, od postupka uklanjanja ljuske do pripreme finalnog proizvoda spremnog za konzumiranje, a koja imaju negativan uticaj na nutritivni i funkcionalni profil proizvoda od heljde i mogu imati štetno dejstvo po zdravlje ljudi. Naime, proces ljuštenja zrna heljde tradicionalno se sprovodi primenom hidrotermičkog procesa u uslovima nalik na proces autoklaviranja, kada se pod dejstvom povišene temperature, pritiska i vlage olakšava postupak odvajanja ljuske od zrna heljde. Nadalje, oljušteno zrno ili brašno dobijeno njegovim mlevenjem, u procesu pripreme namirnice najčešće prolazi kroz još nekoliko termičkih tretmana, kao što su prženje, kuvanje, ekstrudiranje ili u novije vreme zagrevanje delovanjem mikrotalasima. Tokom svih ovih termičkih tretmana dolazi do promena u hemijskom sastavu heljde, do gubitaka termonestabilnih jedinjenja kao što su vitamini i esencijalne aminokiseline i redukcije sadržaja flavonoida što posledično izaziva redukciju antioksidativne aktivnosti (Kreft i sar., 2006; Zieliński i sar., 2009). Istovremeno, odvija se i Maillard-ova reakcija između slobodnih grupa aminokiselina i karbonilnih grupa redukujućih šećera prisutnih u sirovinama (Delgado-Andrade, 2014) pri čemu se formiraju jedinjenja koja se mogu smatrati kontaminantima hrane budući da su štetna po zdravlje ljudi. Jedan od markera odvijanja Maillard-ove reakcije je 5-hidroksimetilfurfural (5-(hidroksimetil)furan-2-karbaldehid, HMF) (Capuano i Fogliano, 2011) koji može da se formira u kiseloj sredini i pri niskoj temperaturi, iako njegova koncentracija drastično raste sa povećanjem temperature ili tokom skladištenja nekog proizvoda. Ovo jedinjenje se najčešće koristi za praćenje odvijanja Maillard-ove reakcije tokom procesa sušenja testenine (Resmini i sar., 1993).

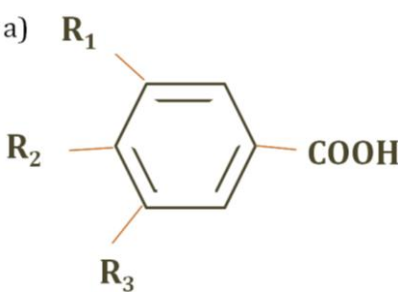
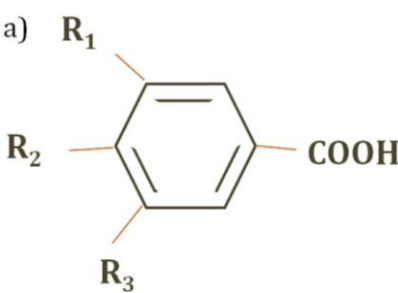
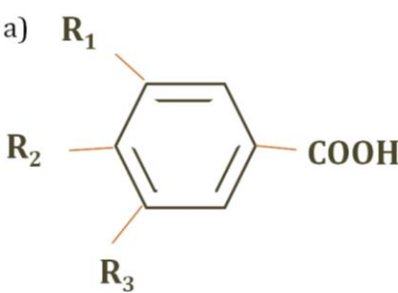
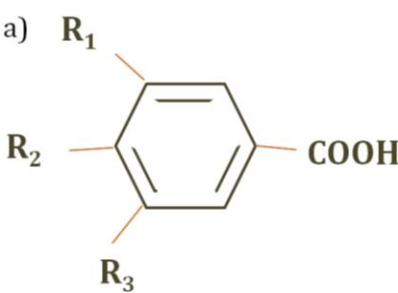
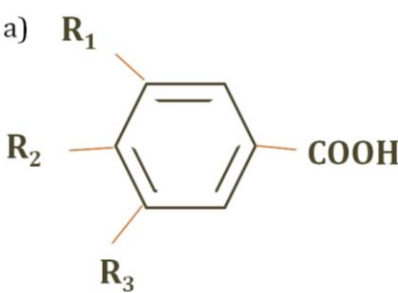
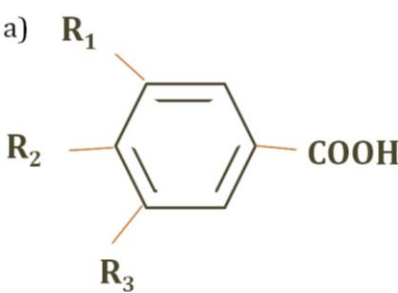
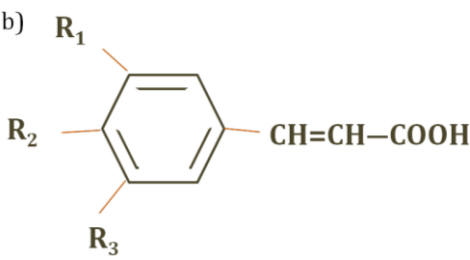
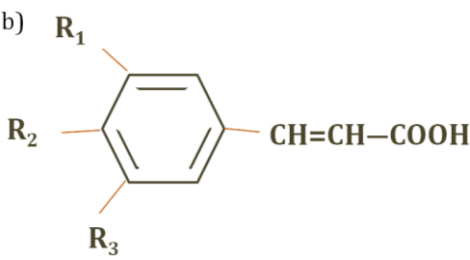
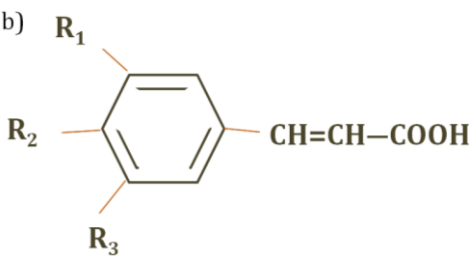
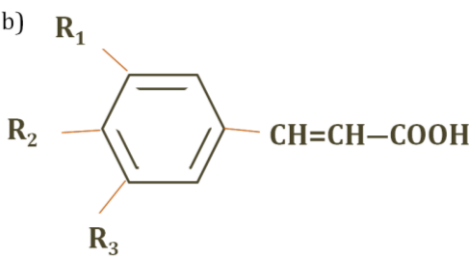
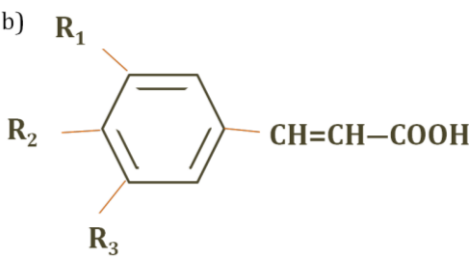
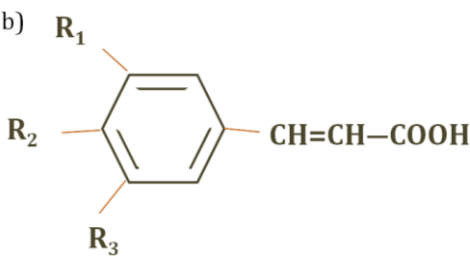
2.5.1.4. Antioksidativni profil heljde

Antioksidanti su jedinjenja koja prisutna u malim količinama smanjuju oštećenja nastala dejstvom slobodnih radikala (Halliwell i Gutteridge, 1989). Prisustvo antioksidanata u hrani doprinosi njenom funkcionalnom statusu. Smatra se da konzumiranje hrane sa povećanim sadržajem antioksidanata ima zdravstvene dobrobiti (Hung i Morita, 2008; Krkoškova i Mrazova, 2005; Oomah i Mazza, 1996; Sedej, 2011). U prehrambenoj industriji se pojam antioksidanata vezuje za produžetak roka trajanja hrane i za njenu zaštitu od kvarenja, užeglosti i promene boje usled oksidacije. Iz tog razloga je obogaćivanje nekog proizvoda antioksidantima korisno ne samo zbog njihovog povećanog unosa u organizam već i zbog poboljšanja osobina proizvoda. Najznačajniji antioksidanti žita su vitamin E i polifenolna jedinjenja (Sedej, 2011).

Polifenolna jedinjenja

Polifenoli su jedinjenja koja u svojoj strukturi imaju jedan ili više aromatičnih prstenova sa jednom ili više hidroksilnih grupa. Dele se na: tanine, flavonoide, fenolne kiseline i kumarine. Polifenolna jedinjenja u žitima mogu biti prisutna u slobodnom ili vezanom obliku (West i sar., 2013), ali u velikoj meri su prisutna u vezanom obliku, esterifikovana sa oligo- ili polisaharidima, pri čemu formiraju veze između polimernih lanaca ugljenih hidrata u zrnju. Polifenolna jedinjenja prisutna u slobodnom obliku zastupljena su u spoljašnjim slojevima perikarpa (Dykes i Rooney, 2007).

Celo zrno žita, kada su u pitanju polifenolna jedinjenja, karakteriše prisustvo fenolnih kiselina. Fenolne kiseline su osnovna polifenolna jedinjenja pšenice čiji sadržaj je viši u omotaču i aleuronskom sloju nego u skrobnom endospermu. Mogu se naći u slobodnom, rastvorljivo-konjugovanom i vezanom obliku. Fenolne kiseline se mogu podeliti na dve osnovne grupe – derivate benzojeve kiseline i derivate cimetine kiseline (Slika 2.10). U najčešće zastupljene fenolne kiseline ubrajaju se ferulna, vanilinska, kafena, siringinska i *p*-kumarinska (Sosulski i sar., 1982), pri čemu je ferulna kiselina jedna od dominantnih fenolnih kiselina, a najveći njen deo nalazi se u vezanom obliku sa udelom preko 98% (Adom i Liu, 2002). Njen sadržaj u velikoj meri zavisi od sorte i uslova okoline u kojima je biljka gajena (Abdel-Aal i sar., 2001).

| | | Supstituenti | | | |
|----|---|--------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | | R ₁ | R ₂ | R ₃ | |
| a) |  | Benzojeva kiselina | H | H | H |
| |  | <i>p</i> -hidroksibenzojeva kiselina | H | OH | H |
| |  | Protokatehinska kiselina | H | OH | OH |
| |  | Vanilinska kiselina | CH ₃ O | OH | H |
| |  | Siringinska kiselina | CH ₃ O | OH | CH ₃ O |
| |  | Galna kiselina | OH | OH | OH |
| b) |  | Cimetna kiselina | H | H | H |
| |  | <i>p</i> -kumarinska kiselina | H | OH | H |
| |  | Kafena kiselina | OH | OH | H |
| |  | Ferulna kiselina | CH ₃ O | OH | H |
| |  | Sinapinska kiselina | CH ₃ O | OH | CH ₃ O |
| |  | | | | |

Slika 2.10. Struktura fenolnih kiselina derivata benzojeve kiseline (a) i cimetine kiseline (b)

Heljda obiluje polifenolnim jedinjenjima. Istraživanja ukazuju da celo zrno heljde sadrži 2–5 puta više polifenolnih jedinjenja od ovsa i ječma (Holasova i sar., 2002; Zdunczyk i sar., 2006), a da frakcije mlevenja heljde imaju veći sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola od 5 do 53 puta (računato na polazni materijal) u odnosu na frakcije mlevenja pšenice (Sedej, 2011). Brojna su istraživanja u kojima je ispitivana razlika u antioksidativnom potencijalu različitih frakcija mlevenja heljde i drugih žita (Holasova i sar., 2002; Sedej i sar., 2010; Sedej, 2011; Zielinski i Kozłowska, 2000). Ova istraživanja su pokazala da heljda ima veću antioksidativnu aktivnost od ječma, ovsa, pšenice i raži, kao i da se sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola razlikuje u frakcijama mlevenja heljde i da je najveći u ljusci (skoro 3 puta više nego u oljuštenom zrnu).

Najzastupljeniji antioksidanti u heljdi su flavonoidi (Morishita i sar., 2007) i to: rutin, orijentin, izoorijentin, viteksin, izoviteksin i kvercetin. Za razliku od fenolnih kiselina koje su u velikoj meri prisutne u vezanom nerastvorljivom obliku, flavonoidi se u velikoj meri mogu naći u slobodnom obliku. Prema istraživanju Inglett i sar. (2011), u heljdi je odnos polifenolnih jedinjenja prisutnih u slobodnom i vezanom obliku približno 50:50. Flavonoidi se javljaju u obliku *O*-glikozidi kod kojih je jedna ili više hidroksilnih grupa vezana za šećere. Ono što heljdu čini veoma atraktivnom sirovinom za obogaćivanje formulacija različitih prehrambenih proizvoda je činjenica, da ona, za razliku od ostalih žita, sadrži i fenolne kiseline i flavonoide, pri čemu ima daleko viši sadržaj flavonoida (i do 7%, Liu i Zhu, 2007) u odnosu na druga žita, koji varira u zavisnosti od sorte heljde. Jiang i sar. (2007) su pokazali da tatarska heljda sadrži više flavonoida nego obična heljda (19,02 mg/g prema 0,28 mg/g). Pored toga, heljda se smatra najboljim izvorom rutina u ishrani. Rutin je široko rasprostranjen u biljkama, ali je retko prisutan u njihovim jestivim delovima. Međutim, ovaj flavonoid je detektovan u zrnu heljde i, što je još značajnije, osim u heljdi nije detektovan u drugim žitima i pseudožitima (Kreft i sar., 1999). Sadržaj rutina se razlikuje u zavisnosti od vrste heljde, od uslova okoline u kojima je biljka gajena, faze razvoja biljke i dela biljke. Fabjan i sar. (2003) su ustanovili da zrno tatarske heljde sadrži više rutina nego zrno obične heljde (8–17 mg/g prema 0,1 mg/g). Paulícková i sar. (2004) su detektovali najviši sadržaj rutina u listovima, vrhovima biljaka, mladicama i cvetu heljde.

Rutin se može hidrolizovati u svoj aglikon kvercetin, koji, ima još izraženiju antioksidativnu aktivnost od rutina, značajnu apsorpciju u digestivnom traktu i ispoljava i niz farmakoloških dejstava. Jedini nedostatak je gorak ukus koji prati njegovo prisustvo u gotovom proizvodu (Chen i Ahn, 1998; Vogrinčić i sar., 2010; Yoo i sar., 2012).

U Tabeli 2.9 dat je pregled sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola, ukupnih flavonoida, fenolnih kiselina, rutina i kvercetina u dva heljdina brašna kao i u integralnom pšeničnom brašnu.

Pored polifenolnih jedinjenja, važan antioksidant heljde je i vitamin E, koji zapravo predstavlja grupu antioksidanata, tokoferola (α -tokoferol, β -tokoferol, γ -tokoferol, δ -

tokoferol) i tokotrienola (α -tokotrienol, β -tokotrienol, γ -tokotrienol, δ -tokotrienol), koji su zaduženi za očuvanje integriteta ćelijskih membrana.

Tabela 2.9. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola, fenolnih kiselina, rutina, kvercetina i ukupnih flavonoida u integralnom pšeničnom brašnu i belom i integralnom heljdinom brašnu (Sedej, 2011)

| | <i>Integralno pšenično brašno</i> | <i>Belo heljdino brašno</i> | <i>Integralno heljdino brašno</i> |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Ukupni rastvorljivi polifenoli (mg GAE/g uzorka) | 0,14 ± 0,00 | 1,05 ± 0,02 | 1,92 ± 0,04 |
| Fenolne kiseline ($\mu\text{g/g}$) | | | |
| Protokatehinska kiselina | n.d.** | 55,1 ± 0,56 | 78,0 ± 2,24 |
| Vanilinska kiselina | 6,75 ± 0,05 | n.d.** | n.d.** |
| Siringinska kiselina | n.d.** | 42,4 ± 0,32 | 57,6 ± 2,03 |
| Ferulna kiselina | 9,76 ± 0,06 | 11,3 ± 0,13 | 14,4 ± 0,62 |
| Sinapinska kiselina | n.p.* | 12,3 ± 0,26 | 18,8 ± 1,29 |
| Ukupni flavonoidi (mg RE/g uzorka) | | | |
| Rutin ($\mu\text{g/g}$) | n.d.** | 82,4 ± 0,76 | 179,0 ± 1,40 |
| Kvercetin ($\mu\text{g/g}$) | n.d.** | 1,35 ± 0,20 | 3,86 ± 0,40 |

* n.p. – nedostajući podatak

** n.d. – nije detektovano

2.6. PROCENA KVALITETA TESTENINA

Proces proizvodnje hrane podrazumeva transformaciju odgovarajućih sirovina u različite proizvode, čiji kvalitet mora odgovoriti zahtevima zakonskih regulativa, ali i zahtevima tržišta. Procena kvaliteta nekog prehrambenog proizvoda, sve više zavisi od potreba potrošača koji lako prepoznaju i odvajaju dobar proizvod od lošeg. Kada je u pitanju testenina, postoje različiti pojmovi kvaliteta, jer su u upotrebi različite sirovine, postupci proizvodnje i metode kontrole kvaliteta. Bez obzira na to koja vrsta i oblik testenine se proizvodi, ona kao namirnica mora da zadovoljava osnovne kriterijume kvaliteta, počev od higijenskog, nutritivnog, funkcionalnog, senzorskog (Tabela 2.10), ali i da ima osobine koje je čine upotrebljivom. Ove osobine, pre svega, zavise od sirovina i dodataka upotrebljenih za njenu proizvodnju, a potom, u velikoj meri, i od primenjenog procesa proizvodnje, naročito zamesa i mešenja testa, predsušenja, stabilizacije, pakovanja i transporta. Na samom kraju, kvalitet finalnog proizvoda zavisi od načina kuvanja (Pestorić, 2011).

Tabela 2.10. Kriterijumi kvaliteta testenine (Bejarović, 2001; Pestorić, 2007)

| <i>Kriterijumi kvaliteta testenine</i> | |
|---|---|
| <i>Opšti kriterijumi kvaliteta</i> | <ul style="list-style-type: none"> • sanitarno-higijenska ispravnost, • pakovanje i deklaracija, • standardizovan oblik i dužina, • sadržaj vlage niži od 13,5%, • stepen kiselosti (određen u 50% etanolu, shodno upotrebljenoj sirovini), • sadržaj proteina, ugljenih hidrata i mineralnih materija. |
| <i>Kriterijumi kvaliteta nekuvane testenine</i> | <ul style="list-style-type: none"> • uniformnost izgleda i boje površine, • prirodna boja koja potiče od upotrebljenih sirovina i dodataka, • izostanak slomljenih i ispucalih (mramoriranih) komada, • odsustvo belih i tamnih pega, • površinska glatkoća (odsustvo hrapavosti, oštećenja, brazdi ili prljavština), • elastičnost dugih oblika. |
| <i>Kriterijumi kvaliteta kuvane testenine</i> | <ul style="list-style-type: none"> • odgovarajuće vreme kuvanja, • odgovarajuća količina apsorbirane vode, • odgovarajući stepen bubrenja, • procenat raskuvavanja, • boja, miris, ukus, • čvrstoća i žvakljivost, • odsustvo površinske lepljivosti. |

Većina ovih osobina kvaliteta može se određivati senzorskim i instrumentalnim metodima.

2.6.1. Instrumentalni metodi ocene kvaliteta

Polazeći od pretpostavke da se od dobre, kvalitetne sirovine može dobiti testenina dobrog kvaliteta, većina instrumentalnih metoda koristi se za definisanje kvaliteta sirovine pre početka proizvodnje testenine. Po završenoj proizvodnji testenine, određivanjem kvaliteta dobijenog proizvoda, sagledava se ne samo njegov upotrebnost već i usklađenost procesnih parametara korišćenih tokom čitavog procesa proizvodnje (Kill i Turnbull, 2008).

Instrumentalna određivanja su objektivna i reproduktivna, a pre svega brza i tačna, a njihova primena omogućava sprovođenje velikog broja analiza tokom kraćeg ili dužeg vremenskog intervala.

Kriterijumi kvaliteta koji se obavezno proveravaju kada se govori o kvalitetu sirovine, ali i testenine, mogu se podeliti na pokazatelje koji utiču na bezbednost proizvoda, pokazatelje koji imaju direktan uticaj na kvalitet finalnog proizvoda i njegovu usklađenost sa zakonskom regulativom (Tabela 2.10):

- pokazatelji koji imaju direktni uticaj na kvalitet proizvoda: sadržaj pepela, vlage, sadržaj i kvalitet proteina, boja, broj tamnih čestica, veličina čestica, sadržaj α -amilaze, udeo sirovine koja nije durum;
- pokazatelji koji utiču na bezbednost proizvoda: vlaga, mikrobiološka slika, sadržaj pesticida, prisustvo i sadržaj mikotoksina, sadržaj teških metala, zaraženost insektima;
- usklađenost sa zakonskim regulativama: pokazatelji koji imaju direktni uticaj na kvalitet proizvoda i svi faktori koji utiču na njegovu bezbednost (Pestorić, 2007).

2.6.1.1. Instrumentalno određivanje teksturnih svojstava testenine

Kada se govori o kvalitetu testenine, generalno je prihvaćeno da je najvažniji kriterijum u proceni njenog kvaliteta baziran na oceni teksturnih svojstava. Tekstura je senzorski i funkcionalni pokazatelj strukturnih, mehaničkih i površinskih svojstava hrane, određen kroz čulnu percepciju (vizuelna, zvučna, taktilna i kinestetska) (Szczeniak, 2002). Iako je tekstura senzorsko svojstvo koje se u potpunosti može analizirati jedino primenom ljudskih čula, razvoj objektivnih metoda uz primenu instrumenata bio je neminovan i neophodan, kako zbog uštede vremena, tako i zbog uštede novca. Osim toga, instrumentalna merenja, ukoliko su stručno i pažljivo vođena, pružaju reproduktivnije podatke, omogućavaju da se merenja ponove u istim uslovima, a rezultati koji se dobiju u vidu brojeva su lakši za obradu i poređenje. Možda je najveća prednost u korišćenju instrumenata njihova visoka osetljivost, koja daje mogućnost raspoznavanja uzoraka sa malim kvalitetnim razlikama. Međutim, rezultati instrumentalnih merenja, moraju se kako statistički, tako i pojmovno, dovesti u vezu sa rezultatima senzorske ocene, s obzirom da se u većini slučajeva teksturna svojstva sveobuhvatno mogu okarakterisati isključivo uz primenu ljudskih čula. Ovo je od izuzetne važnosti, zato što vrednosti očitane sa instrumenata imaju mali značaj za razumevanje i procenjivanje kvaliteta proizvoda ukoliko se ne dovedu u vezu sa senzorskom ocenom (Pestorić, 2011).

Postoje brojni instrumenti za merenje teksture različitih prehrambenih proizvoda (Kramer Shear Press, General Food Texturometer, Ottawa Texture Measuring System, Instron Universal Tester, TA.XT Texture Analyser, TA.XTPlus Texture Analyser). Svi ovi instrumenti se mogu podeliti prema vrsti materijala, tipu sile koja se primenjuje, vrsti kretanja, geometriji uzoraka. Zajednički princip kod instrumentalnih merenja teksturnih osobina baziran je na merenju deformacije uzorka koja nastaje usled neposrednog kontakta uzorka hrane sa odgovarajućim nastavkom instrumenta. Veličina deformacije ili otpor koji uzorak pruža predstavljaju pokazatelje teksturnih osobina uzorka. U okviru

instrumentalnih merenja razlikuju se direktne metode, kojima se mere realne teksturne osobine hrane, i indirektne metode kojima se mere fizičke osobine koje su u korelaciji sa jednom ili nekoliko teksturnih osobina (Pestorić, 2011).

Većina instrumenata za merenje teksture (Slika 2.11) sastoji se od sledećih elemenata:

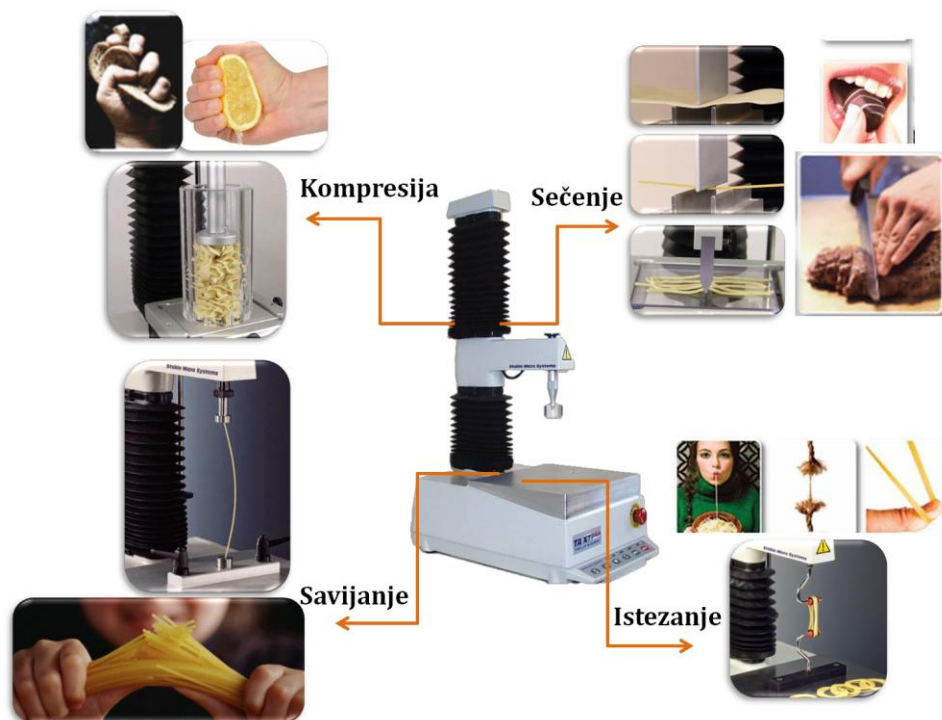
- sonde, kojom se ostvaruje neposredni kontakt sa uzorkom i prenos sile zadate odgovarajućim testom ispitivanja; u zavisnosti od potreba testa koriste se sonde u obliku cilindričnog klipa, ravne ploče, kupe, sečiva u obliku igala ili noževa, elementi u obliku zuba;
- pokretni mehanizam koji omogućava kretanje sonde na račun sile gravitacije ili postavljenih opterećenja;
- postolja – za pridržavanje i bolje fiksiranje uzorka tokom izvođenja testa;
- merne ćelije koja detektuje i meri deformaciju koja se javlja tokom izvođenja testa;
- sistema za očitavanje rezultata kojim rezultati mogu biti prikazani grafički (zavisnosti sila-vreme ili sila-rastojanje) i tabelarno u vidu srednjih vrednosti (Pestorić, 2011).



Slika 2.11. Analizator teksture TA.XT Plus

U testovima koji se sprovode za potrebe analize teksturnih svojstava testenine mogu se primeniti sile kompresije, smicanja, rasecanja, rastegljivosti/istezanja, savijanja, adhezije, ili kombinacija ovih sila, a sve u skladu sa vrstom matriksa koji se ispituje, geometrijom uzorka, kao i u odnosu na merene promenljive i njihove dimenzije (Slika 2.12).

U prošlosti su se za određivanje teksturnih osobina koristile različite mikroskopske tehnike (Pagani i sar., 1989; Resmini i Pagani, 1983), koje su omogućile da se sagledaju promene koje se dešavaju u strukturi proteina i skroba tokom procesa proizvodnje i kuvanja testenine. Nadalje, ove tehnike pružile su mogućnost kvalitativne procene teksturnih svojstava testenine, povezanih sa veličinom, oblikom i rasporedom čestica (geometrijske karakteristike). Međutim, primena elektronskog mikroskopa ne može se smatrati prikladnom metodom za kvantitativnu ocenu teksturnih osobina, ali se u aktuelnoj literaturi ove metode koriste kao pomoćne metode, prvenstveno za razumevanje uticaja različite mikrostrukture sirovina na reološke i teksturne osobine proizvoda, a potom i za sagledavanje uticaja primene različitih tretmana na mikrostrukturu sirovina i finalnog proizvoda.



Slika 2.12. Nastavci koji se primenjuju za određivanje teksturnih osobina testenine primenom TA.XTPlus analizatora teksture u paraleli sa postupcima koji se koriste za njihovu ocenu čulima (<http://www.stablemicrosystems.com>)

2.6.1.2. Instrumentalno određivanje boje testenine

Boja je prva opažajna karakteristika hrane, pa time i testenine, i često predodređujući činilac u njenoj kupovini. Boja je najčešće kontrolisano svojstvo koje se proverava u gotovo svim fazama tehnološkog postupka proizvodnje testenine, ali i njenog skladištenja, plasmana i prodaje. Ovo kompleksno svojstvo se može shvatiti kao sposobnost materije da određene elektromagnetne talase apsorbuje, dok druge reflektuje ili propušta (Pestorić, 2016).

Sredinom osamdesetih godina 19. veka u upotrebu su ušli kolorimetri i hromometri čija primena je omogućila jednostavan način kvantifikovanja boje, pri čemu se rezultati dobijeni uz njihovu primenu mogu sagledati u većini prostornih sistema boje. Među najpoznatijim su CIE Yxy prostor boja, baziran na tristimulusnim XYZ vredostima, i CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja, koji je omogućio ujednačavanje razlika u boji u odnosu na vizuelnu ocenu. Sistemi za definisanje boje nastali su iz potrebe za sistematičnom i objektivnom klasifikacijom boja celokupnog spektra, kao i mogućnosti preciznog vrednovanja razlike među bojama. Postojeći sistemi za definisanje boje mogli bi se svrstati u tri grupe (Pestorić, 2016):

- Sistemi zasnovani na psihološkim atributima boje, tzv. intuitivni modeli (Munsell-ov, NCS – Natural Colour System);

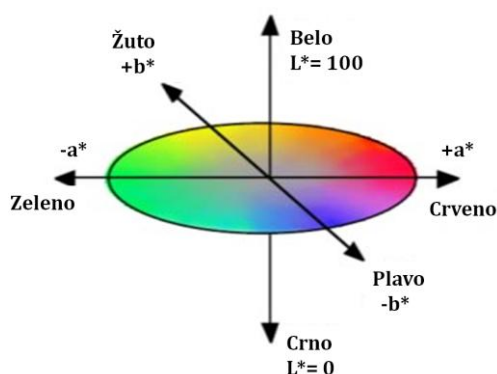
- Sistemi zasnovani na mešanju boje svetla ili pigmenta (Ostwald-ov sistem, Pantone);
- Objektivni sistemi zasnovani na CIE zakonitostima (CIE XYZ, CIELAB, Hunter Lab, CIE LUV).

Standardni CIE sistem je jedan od najpoznatijih sistema za definisanje boje, preporučen od Međunarodne komisije za osvetljenje [*The Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE)], koji pre svega, podrazumeva definisanje i standardizovanje izvora svetlosti kao „standardnog posmatrača“ (eng. *Standard Observer*) sa filterima za primarne boje (crvena, zelena, plava) (Pestorić, 2016).

Najčešće korišćen sistem boja u prehrambenoj industriji je CIEL*a*b* sistem. U ovom sistemu, boja se definiše preko L*, a* i b* vrednosti (Slika 2.13). L* ukazuje koliko je uzorak taman ili svetao. Vrednosti ovog parametra se mogu kretati od 0 (ukazuje na crnu boju) do 100 (ukazuje na belu boju). Parametri a* i b* su parametri hromatičnosti, gde se a* odnosi na udeo crvene (pozitivne vrednosti) ili zelene (negativne vrednosti) boje, a b* govori o udelu žute (pozitivne vrednosti) ili plave (negativne vrednosti) boje. Često se za izražavanje razlika u boji, koje mogu nastati usled promena procesnih parametara ili promena u formulaciji, koristi veličina ΔE koja govori o veličini nastale razlike (Jaros i Rohm, 2001):

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

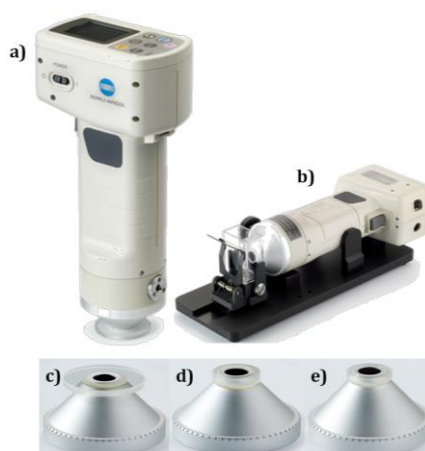
Prema Francis i Clydesdale (1975) nastala razlika u boji se može definisati kao ona koja nije uočljiva ljudskim okom (kada je $\Delta E^* < 1$), nije značajna za ljudsko oko (kada je $1 < \Delta E^* < 3$) ili je razlika tolika da je uočljiva ljudskim okom (kada je $\Delta E^* > 3$). Novija literatura (Schläpfer, 2002) predlaže preciznije definisane granice u vidljivosti postojećih razlika u boji. Prema ovom autoru, razlika u boji se može definisati kao ona koja se ne vidi ljudskim okom (kada je $\Delta E^* < 0,2$), razlika u boji koja se ne primećuje ljudskim okom ($\Delta E^* = 0,2-1$), razlika u boji koja se vidi ljudskim okom ($\Delta E^* = 1-3$), razlika u boji koja se dobro vidi ($\Delta E^* = 3-6$), i očigledna odstupanja boje ($\Delta E^* > 6$).



Slika 2.13. Model CIE L*a*b* sistema boja

(<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/13018/002.cfm>)

U prehrambenoj industriji veoma često korišćen instrument za merenje boje je kolorimetar Konica Minolta Chroma Meter (Slika 2.14). Na ovaj instrument je moguće postaviti različite nastavke, što ga čini podjednako pogodnim za merenje boje proizvoda u tečnom, čvrstom, polučvrstom i praškastom stanju. Princip rada ovog instrumenta zasniva se na snimanju svetlosnog zraka reflektovanog od površine uzorka. U mernoj glavi samog instrumenta nalazi se izvor standardnog osvetljenja, D65 i C. Najčešće korišćen izvor svetlosti je D65 i intenzitet ovog zračenja odgovara prosečnom podnevnom svetlu, koji uključuje UV region talasnih dužina. Intenzitet zračenja C izvora odgovara prosečnom dnevnom svetlu, i on ne uključuje UV region talasnih dužina. Izvori svetlosti se biraju u zavisnosti od potreba merenja i uslova eksperimenata. Reflektovani svetlosni zrak obrađuje se u glavi instrumenta i vrednosti se konvertuju u brojeve koji predstavljaju kvantitativni izraz boje merenog uzorka (<http://www.konicaminolta.eu>).



Slika 2.14. Instrumentalno merenje boje: a) merni instrument Konica Minolta CR-400; b) držač za postavku instrumenta i staklenih kiveta u horizontalni položaj (za merenje tečnih uzoraka); c) standardni nastavak CR-A33b prečnika 40 mm; d) nastavak CR-A33a sa konveksnim zaštitnim staklom (za merenje mekih uzoraka); e) nastavak CR-A33f sa konkavnim zaštitnim staklom

2.6.2. Metodi senzorske ocene kvaliteta

Senzorska analiza je naučna disciplina koja se primenjuje za evociranje, merenje, analiziranje i tumačenje reakcija koje nastaju kao rezultat delovanja određenih svojstava hrane na čulo vida, mirisa, ukusa, dodira i sluha (Stone i Sidel, 2004). Ljudska čula se vekovima koriste za procenjivanje kvaliteta hrane, a svakodnevno donosimo sud o hrani bez obzira da li jedemo ili pijemo. Iz tog razloga, senzorska analiza se može koristiti kao deo kontrole kvaliteta sirovina i gotovih proizvoda. Kod većine prehrambenih proizvoda, senzorske osobine se naruše pre nego što se pogorša mikrobiološki kvalitet, tako da se u kombinaciji mikrobiološkim testovima senzorski testovi mogu koristiti za predviđanje roka trajanja proizvoda i za praćenje promena koje se dešavaju tokom njegove distribucije. Nadalje, primenom senzorskih analiza može se utvrditi da li zamena neke od osnovnih sirovina ili promena procesnih parametara tokom

proizvodnje ima uticaja na senzorski kvalitet i prihvatljivost proizvoda, a čak se mogu definisati granice u kojima se promene mogu kretati, a da to ipak ne naruši prihvatljivost kod potrošača (Pestorić, 2011).

Tokom konzumiranja hrane odvija se čitav niz biohemijskih procesa, ali i fizičkih i strukturnih promena, koje se mogu registrovati isključivo ljudskim čulima i to sa velikom osetljivošću. Većinu ovih osećaja gotovo je nemoguće izmeriti pomoću instrumenata, a, osim toga, ne senzorske tehnike nikada ne mogu u potpunosti predvideti na koji način će pojedine senzorske osobine proizvoda uticati na prihvatljivost od strane potrošača. Samim tim, hrana kao složena i specifična celina, jedino se može okarakterisati kroz čulnu percepciju. Iako je sprovođenje senzorskih testova uglavnom vremenski zahtevno i relativno skupo, povezivanje senzorskih osobina sa fizičkim i hemijskim osobinama nekog proizvoda, kao i sa parametrima procesa njegove proizvodnje, obezbeđuje informacije od neprocenjive važnosti koje dalje omogućavaju razvoj i kreiranje proizvoda sa optimalnim svojstvima, koja su zadovoljavajuća sa stanovišta potreba i očekivanja potrošača (Pestorić, 2011).

Polazište u sprovođenju senzorskog ispitivanja je u definisanju svrhe ili cilja planiranog ispitivanja. Ukoliko je cilj ispitivanja da se utvrdi da li između testiranih uzoraka postoji razlika, tada se primenjuju testovi razlika. Međutim, ukoliko je zapaženu razliku potrebno konkretno definisati i iskazati njen intenzitet, potrebno je primeniti metod profilisanja uz upotrebu odgovarajućih skala. Nadalje, ukoliko je cilj istraživanja da se utvrdi dopadljivost ili naklonost ka određenoj vrsti hrane, ili da se ispita kojim proizvodima se pridaje prednost, potrebno je primeniti potrošačke testove uz adekvatnu upotrebu hedonskih skala ili testova preferencije. U testovima razlika i profilisanja učestvuje isključivo panel odabranih i proverenih ocenjivača, dok se u testovima dopadljivosti i preferencije mora uključiti panel *laika* – potrošača, neposrednih korisnika proizvoda (Pestorić, 2007). Imajući sve ovo u vidu, metodi senzorske analize mogu se podeliti na objektivne i subjektivne (Slika 2.15).

Objektivni (analitički) testovi sprovode se sa odabranim ili treniranim ocenjivačima (panelistima), koji na pouzdan način koriste objektivne kriterijume ocene, sposobni su da reprodukuju svoja zapažanja bez obzira na mesto i vreme ocene. U okviru njih razlikuju se (ISO 6658:2005):

- **Diskriminativni testovi** (jednostavni i brzi testovi za primenu, koji se primenjuju za utvrđivanje postojanja razlike u senzorskim osobinama između uzoraka, za utvrđivanje pojave kvara, za ispitivanje uticaja promene osnovnih sirovina ili procesnih parametara na senzorske osobine proizvoda, za preliminarna ispitivanja; obično se koriste i za praćenje performansi panelista, određivanje praga osetljivosti kod panelista);
- **Deskriptivni testovi** (za karakterisanje senzorskih osobina proizvoda – senzorsko profilisanje, merenje njihovog intenziteta i redosleda

pojavljivanja tokom vremena, za opisivanje i merenje veličine razlike u senzorskim osobinama između proizvoda; podaci dobijeni ovim testovima, u kombinaciji sa rezultatima potrošačkih testova, pružaju uvid u senzorska svojstva koja su ključna za dopadljivost nekog proizvoda; u kombinaciji sa rezultatima instrumentalnih merenja i recepturom proizvoda pružaju uvid u hemijske i fizičke komponente odgovorne za postizanje dobijenih senzorskih osobina).



Slika 2.15. Shematski prikaz nekih metoda i testova koji se primenjuju za potrebe senzorske analize hrane

Rezultati pouzdane senzorske analize zasnivaju se na veštini senzorskog analitičara u optimizaciji četiri ključna faktora za upravljanje i pouzdanost senzorskog merenja (Meilgaard i sar., 2000):

- **Definisanje problema**, što podrazumeva jasno definisanje predmeta, svrhe i/ili cilja planiranog senzorskog ispitivanja;
- **Plan sprovođenja ocene**, kako bi se omogućio optimalan broj učesnika, testiranja i uzoraka za obezbeđenje validnih rezultata;
- **Izbor metode**, koja je najpogodnija u zavisnosti od postavljenih ciljeva;
- **Instrumentacija (panel kao merni instrument)**, učesnici u sprovođenju testiranja moraju biti odabrani i obučeni kako bi obezbedili pouzdanu ocenu;
- **Tumačenje rezultata**, koristeći osnovne statističke principe u obradi rezultata senzorske ocene, potrebno je izvući samo one zaključke koji pružaju garanciju i opravdanost primene postignutih rezultata.

Nadalje, da bi rezultati analitičkih senzorskih testova bili validni, precizni i reproduktivni, senzorska ocena mora biti standardizovana i usklađena sa brojnim važećim međunarodnim standardima kojima su propisani zadaci i odgovornosti svakog učesnika u senzorskoj oceni (ISO 13300-1:2006; ISO 13300-2:2006). Osim toga, standardima su propisani i način odabira, obuke i praćenje performansi ocenjivača (ISO 6658:2005; SRPS EN ISO 8586:2015; ISO 11132:2012) uz primenu različitih diskriminatornih testova (ISO 4120:2004; ISO 5495:2005; ISO 5496:2006; ISO 8587:2006; ISO 8588:1987; ISO 10399:2004; SRPS ISO 3972:2011) u odgovarajućim laboratorijskim uslovima (ISO 8589:2007). Na ovaj način postiže se objektivnost panela ocenjivača kao mernog instrumenta, a dobijeni rezultati se obrađuju primenom adekvatnih statističkih tehnika.

Subjektivni (afektivni) testovi. Subjektivnost u senzorskim testovima pripisuje se isključivo testovima u kojima učestvuju potrošači, koji samo izražavaju stepen dopadljivosti i naklonosti prema nekom proizvodu. Subjektivni (hedonski/emocionalni) testovi daju uvid u sklonosti potrošača, njihove stavove, mišljenja, ponašanje i opažanja u vezi sa senzorskim osobinama proizvoda. Ovi testovi se smatraju ključnim u procesu razvoja novog proizvoda, kao i za praćenje pozicioniranja proizvoda na tržištu i, u skladu sa tim, za pronalaženje načina za njegovo poboljšanje i optimizaciju (Næs i sar., 2010).

2.6.2.1. *Senzorska ocena testenine*

Senzorska ocena testeničarskih proizvoda može se primeniti, kako za određivanje kvaliteta gotovih nekuvanih i kuvanih oblika testenine, tako i kod određivanja kvaliteta sirovina koje će se koristiti u procesu proizvodnje. Određivanje kvaliteta glutena jedan je

od primera upotrebe senzorske ocene, koja se obično primenjuje u manjim postrojenjima. Za te svrhe panel obučenih ocenjivača, primenjujući sistem bodovanja, ocenjuju čvrstoću, elastičnost i rastegljivost glutena.

Istraživači Larmond i Voisey (1973) bili su među prvima koji su koristili panel treniranih ocenjivača u oceni teksturnih osobina (čvrstoća, žvkljivost, guminoznost i adhezivnost) kuvanih špageta, a potom su dobijene objektivne rezultate doveli u vezu sa rezultatima potrošačkih testova. Došli su do podataka koji upućuju da su potrošači više naklonjeni špagetama koje su nakon kuvanja bile čvršće, elastičnije i bez slepljenih niti. Takođe, njihovo istraživanje je ukazalo da se čvrstoća i žvkljivost kuvanih špageta mogu koristiti za predviđanje potrošačke prihvatljivosti.

Najčešće primenjivan sistem senzorske ocene testenine je sistem bodovanja. Menger (1982) je razvio sistem bodovanja za ocenu nekuvane i kuvane testenine, pri čemu je za definisanje senzorskog profila nekuvane testenine primenio preko 6, a kuvane preko 17 senzorskih osobina. Nakon toga je Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO 7340:1985; ISO 7340-2:2008) razvila standardni metod za senzorsku ocenu čvrstoće i lepljivosti kuvanih špageta. Na osnovu ovog standarda, svako svojstvo se ocenjuje pojedinačnim bodovima od 0 do 100, pri čemu je tačno definisan raspon bodova koji ukazuje na intenzitet posmatranog svojstva. Prema Cubadda (1988), D'Egidio i Nardi (1996) i Güler i sar. (2002), kod ocene nekuvane testenine, bodove treba upotrebljavati na sledeći način: < 20 bodova – veoma visoka lepljivost i voluminoznost, odsustvo čvrstoće; 20–40 bodova – visoka lepljivost i voluminoznost, slaba čvrstoća; 40–60 bodova – slaba lepljivost i voluminoznost, dovoljna čvrstoća; 60–80 bodova – skoro potpuno odsustvo lepljivosti i voluminoznosti, dobra čvrstoća; 80–100 bodova – potpuno odsustvo lepljivosti i voluminoznosti, veoma dobra čvrstoća. Krajnji rezultat izražava se kao aritmetička sredina ostvarenih bodova svih ocenjivača u panelu. Na osnovu ostvarenog broja bodova, testenina se karakteriše kao testenina odličnog kvaliteta (broj bodova > 80), testenina srednjeg kvaliteta (broj bodova od 40 do 80) i testenina lošeg kvaliteta (broj bodova < 40).

Osim ovakve raspodele bodova postoji i metod bodovanja po Martinek i Milatoviću (1965), koji za svako pojedinačno svojstvo definiše maksimalni broj bodova (spoljni izgled nekuvanog oblika: dužina i oblik – 10 bodova; površinski izgled nekuvanog oblika: boja, staklavost, stanje površine – 12 bodova; elastičnost nekuvanog oblika: otpornost i elastičnost pri prelomu, izgled preloma – 16 bodova; svojstva pri kuvanju: lepljivost, gubitak organske materije – 20 bodova; miris kuvane testenine – 17 bodova; ukus kuvane testenine – 25 bodova). Po ukupno postignutom broju bodova testenina se može svrstati u kategoriju nezadovoljavajuće (< 91 bod), zadovoljavajuće (92–96 bodova), dobre (96–98 bodova) i vrlo dobre (98–100 bodova).

U Srbiji se pored navedenih metoda bodovanja za potrebe sajamske ocene primenjuje i sistem bodovanja prema Kaluđerskom i Filipovićevoj (1998). Po ovom metodu definisan je maksimalan broj bodova za svako senzorsko svojstvo, ali i broj negativnih bodova

koje treba oduzeti u slučaju pojave greške. Na osnovu ostvarenih rezultata testenina se klasifikuje kao testenina slabog kvaliteta (< 70 bodova), zadovoljavajućeg kvaliteta (70–79 bodova), dobrog kvaliteta (80–89 bodova) i veoma dobrog kvaliteta (90–100 bodova).

U novije vreme se za senzorsku ocenu testenine umesto metode bodovanja sve češće koriste deskriptivne tehnike, uz primenu različitih skala za izražavanje intenziteta, kvaliteta i dopadljivosti senzorskih osobina testenine (Tabela 2.11). U Tabeli 2.11 dat je pregled metoda koje su najčešće primenjivane za senzorsku ocenu testenina u prvih petnaest godina ovog veka.

Tabela 2.11. Pregled metoda korišćenih za senzorsku ocenu testenine

| <i>Vrsta testenine i matriksa</i> | <i>Metod, primenjeni panel i opseg primenjene skale</i> | <i>Izvor</i> |
|--|--|-----------------------|
| Testenina od semoline sa dodatkom brašna od graška | Broj panelista: 19 polutreniranih Skala od 1 do 15 za ocenu ukupne prihvatljivosti (1= veoma neprihvatljivo; 15 = veoma prihvatljivo); Hedonska skala od 1 do 7 (4 referentni kontrolni uzorak) za ocenu boje, arome i teksture (1 = izraženo lošije u odnosu na kontrolu; 7 = izraženo bolje u odnosu na kontrolu) | Torres i sar. (2007) |
| Testenina od semoline sa dodatkom brašna od obezmaščene soje | Broj panelista: 10 dobro utreniranih panelista Skala sa 15 kategorija sa porastom od 0,5 (1 = prag osetljivosti; 1,5–5 = slabo; 5,5–10 = umereno; 10,5–15 = jako) za ocenu različitih svojstava teksture i arome | Shogren i sar. (2006) |
| Testenina od semoline sa dodatkom brašna od graška i boba | Broj panelista: 14 treniranih panelista Skala sa 10 kategorija za ocenu različitih svojstava izgleda i teksture (1= nizak intenzitet; 10 = visok intenzitet posmatranog svojstva) | Petitot i sar. (2010) |
| Testenina od semoline sa dodatkom brašna od leblebije | Broj panelista: 27 netreniranih dobrovoljaca Linearna hedonska skala za ocenu boje, čvrstoće, arome i ukupne prihvatljivosti | Wood (2009) |
| Testenina sa dodatkom jaja od pšeničnog brašna; brašna ovsa; brašna tefa | Broj panelista: 22 trenirana ocenjivača Skala sa rasponom od 0 (nije detektovano) do 3 (visok intenzitet) za ocenu arome Skala sa rasponom od 0 (nije detektovano) do 10 (visok intenzitet) za ocenu ukusa Skala sa rasponom od 10 cm za ocenu: sočnosti (0 = suvo, 10 = sočno), čvrstoće (0 = tvrdo, 10 = meko) i lepljivosti (0 = glatko, 10 = lepljivo) Hedonska skala za dopadljivost arome sa 9 kategorija (1 = veoma mi se ne dopada; 5 = niti mi se dopada niti mi se ne dopada; 9 = veoma mi se dopada) | Hager i sar. (2013) |

| <i>Vrsta testenine i matriksa</i> | <i>Metod, primenjeni panel i opseg primenjene skale</i> | <i>Izvor</i> |
|--|---|--|
| Testenina od semoline sa dodatkom heljdinog brašna i mekinja | Broj panelista: 10 treniranih ocenjivača Skala od 9 kategorija (1 = izrazito neprijatan; 9 = izrazito prijatan) za ocenu adhezivnosti, voluminoznosti, čvrstoće, izgleda, boje, arome, mirisa i ukupnog kvaliteta | Chillo i sar. (2008a) |
| Taljatele od integralnog pšeničnog brašna sa dodatkom integralnog heljdinog brašna | Broj panelista: 5 utreniranih ocenjivača Sistem opisnih bodova za svaki nivo kvaliteta, sa odgovarajućim faktorom značajnosti za pojedina svojstva nekuvanih (oblik, boja, ujednačenost boje i lomljivost) i kuvanih oblika (miris, čvrstoća, živahnost, elastičnost, površinska lepljivost, žvakljivost, zrnastost i ukus) 1 – izrazita odstupanja 5 – maksimalno prihvatljiv nivo kvaliteta | Jambrec i sar. (2011) Jambrec i sar. (2012) |
| Testenina od semoline sa dodatkom klice ili mekinja | Broj panelista: 12 treniranih ocenjivača Linearna skala od 0 do 100 sa označenim krajnjim vrednostima za svako svojstvo: Izgled: boja, površinska hrapavost Aroma: na pšenično brašno, na druga brašna, ukupna aroma Miris: na pšenično brašno, na druga brašna, na skrob, na kiselo, ukupan miris Naknadni ukus: na pšenično brašno, na druga brašna, na skrob, na kiselo, ukupan naknadni ukus Tekstura: čvrstoća, guminoznost, žvakljivost, brašnjavost, sušenje usta, lepljivost | Aravind i sar. (2012) |
| Testenina od semoline sa dodatkom brašna zelene bokvice | Broj panelista: 114 potrošača Hedonska skala od 9 kategorija (1 = izrazito mi se ne sviđa; 9 = izrazito mi se sviđa) za ocenu ukusa, mirisa, boje i teksture | Almanza-Benitez i sar. (2015) |
| Testenina od pšeničnog brašna sa dodatkom praha od zelenog čaja | Broj panelista: 12 treniranih ocenjivača Hedonska skala od 9 kategorija (1 = izrazito mi se ne sviđa; 9 = izrazito mi se sviđa) za ocenu boje nekuvane i kuvane testenina, površinske glatkoće, čvrstoće, elastičnosti, arome i ukupne prihvatljivosti | Li i sar., 2012 |

| Vrsta testenine i matriksa | Metod, primenjeni panel i opseg primenjene skale | Izvor |
|--|--|-------------------------|
| Testenine od kukuruznog brašna u koje je dodato brašno od različitog povrća | <p>Broj panelista: 10 treniranih ocenjivača</p> <p>Hedonska skala od 9 kategorija (1 = izrazito mi se ne sviđa; 9 = izrazito mi se sviđa) za ocenu boje, homogenosti boje, otpornosti na lom, čvrstoće, elastičnosti, lepljivosti, adhezivnosti, mirisa i ukusa</p> <p>Izračunavanje stepena promene senzorskog svojstva:</p> $\Delta SA\% = [(SA^{ctrl} - SA^{vegFl}) / SA^{ctrl}] * 100$ <p>SA^{ctrl} – ocena senzorskog svojstva kontrolnog uzorka</p> <p>SA^{vegFl} – ocena senzorskog svojstva nakon dodatka brašna od povrća</p> <p>viša $\Delta SA\%$ vrednost ukazuje na veću razliku između posmatranih uzoraka</p> | Padalino i sar. (2013) |
| Tarana od pšeničnog brašna koje je supstituisano pšeničnim klicama ili mekinjama | <p>Broj panelista: 7 delimično treniranih ocenjivača</p> <p>Hedonska skala od 5 kategorija (1 = izrazito mi se ne sviđa; 3 = prihvatljivo; 5 = izrazito mi se sviđa) za ocenu boje, mirisa, teksture i ukupne prihvatljivosti</p> | Bilgiçli i sar. (2006) |
| Špagete od durum brašna koje je supstituisano sa dve vrste sojinog brašna | <p>Broj panelista: 8 treniranih ocenjivača</p> <p>Skala od 7 kategorija (od 0 do 6) sa označenim krajnjim ekstremnim vrednostima (ekstremno slabo, ekstremno jako) za svako svojstvo (čvrstoća, elastičnost, lepljivost, slepljenost, površinska hrapavost)</p> <p>Boja ocenjena izražavanjem zadovoljstva: prijatna – neprijatna</p> | Baiano i sar. (2011) |
| Testenina od durum brašna sa dodatkom luka u prahu | <p>Broj panelista: 15 treniranih ocenjivača</p> <p>Strukturirana skala od 15 cm (0 = slab intenzitet; 15 = najjači moguć intenzitet) za ocenu vlažnosti, sjaja, mekoće, žvackljivosti, lepljivosti, ukusa na kuvana žita, ukusa na luk, naknadnog ukusa</p> <p>Hedonska skala od 9 kategorija za ocenu ukupnog kvaliteta</p> | Rajeswari i sar. (2013) |
| Komercijalna italijanska i australijanska testenina | <p>Broj panelista: 12 treniranih ocenjivača</p> <p>Linearna skala od 0 do 100 sa označenim krajnjim vrednostima za svako svojstvo (žvackljivost, guminoznost, prvi zagriz, adhezivnost, brašnjavost)</p> | Sissons i sar. (2006) |
| Komercijalni uzorci špageta | <p>Broj panelista: 13 netreniranih ocenjivača</p> <p>Diskontinualna bipolarna skala od 7 kategorija (1 = slab intenzitet; 7 = visok</p> | Martinez i sar. (2007) |

| <i>Vrsta testenine i matriksa</i> | <i>Metod, primenjeni panel i opseg primenjene skale</i> | <i>Izvor</i> |
|-----------------------------------|---|--|
| Komercijalni uzorci špageta | <p>intenzitet) za ocenu intenziteta izgleda (žuta boja, sjaj, površinska glatkoća), teksture pri manipulaciji uzoraka rukama (površinska lepljivost, elastičnost) i teksture u ustima (čvrstoća, žvkljivost)</p> <p>Broj panelista: 12 utreniranih ocenjivača i 51 potrošač</p> <p>Sistem opisnih bodova za svaki nivo kvaliteta, sa odgovarajućim faktorom značajnosti za pojedina svojstva nekuvanih oblika špageta (izgled: boja, ujednačenost boje, sjaj, prisustvo tamnih pega, prisustvo belih fleka, ispucalost; izgled poprečnog preseka) i kuvanih oblika špageta (izgled i svojstva površine, elastičnost, čvrstoća, žvkljivost, adhezivnost)</p> <p>1 – izrazita odstupanja 5 – maksimalno prihvatljiv nivo kvaliteta;</p> <p>Ordinalna skala ordinalna skala u vidu obojenih kvadrata sa rasponom od 1 – 10 za boju i sjaj nekuvanih špageta;</p> <p>Nestrukturna bipolarna skala sa rasponom od 15 cm, označena na rastojanju od 1,5 cm sa levog i desnog kraja odgovarajućim referentnim uzorcima za upoređenje inteziteta teksturnih svojstava kuvanih špageta (čvrstoća, žvkljivost, površinska lepljivost, adhezivnost);</p> <p>Hedonska skala od 1 do 5 (1 = izuzetno mi se ne dopada; 3 = niti mi se dopada niti mi se ne dopada; 5 = izuzetno mi se dopada).</p> | <p>Pestorić (2007)</p> <p>Pestorić (2011)</p> <p>Pestorić (2015)</p> |

3. EKSPERIMENTALNI DEO

Proizvodnja taljatela koje su bile predmet ispitivanja doktorske disertacije sprovedena je poluidustrijskom pogonu „Mohan“ d.o.o, Lokve. Najveći deo eksperimentalnih ispitivanja u okviru doktorske disertacije urađen je u Laboratoriji za tehnologiju, kvalitet i bezbednost hrane Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Univerzitet u Novom Sadu. Liofilizacija kuvanih uzoraka taljatela sprovedena je na Katedri za inženjerstvo konzervisane hrane Tehnološkog fakulteta Novi Sad u Novom Sadu, Univerzitet u Novom Sadu. Mikrostruktura brašna i proizvedenih kuvanih taljatela analizirana je pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa na Prirodno-matematičkom fakultetu, odsek za biologiju, Univerzitet u Novom Sadu.

3.1. MATERIJAL

3.1.1. Sirovine

Za potrebe ove doktorske disertacije korišćeno je integralno pšenično brašno proizvedeno u Žitku a. d., Bačka Topola, dok je celo zrno heljde sa ljuskom nabavljeno od Hemija commerce, Novi Sad. U procesu dobijanja integralnog heljdinog brašna, celo zrno heljde mleveno je neposredno pre proizvodnje taljatela na mlinu sa prirodnim kamenom, namenjenim za mlevenje žita, odnosno za proizvodnju integralnog brašna (Rajica Topalović i sin, Trstenik, Srbija) i potom prosejano kroz sito veličine otvora od 250 μm , tako da je korišćeno brašno predstavljalo smešu endosperma, aleuronskog sloja, klice i malog udela ljuske.

3.1.2. Hemikalije i reagensi

1,1-difenil-2-pikrilhidrazil radikal (DPPH), Folin-Ciocalteu reagens, butilovani hidroksitoluen (BHT), galna kiselina, protokatehinska kiselina, vanilinska kiselina, sinapinska kiselina, siringinska kiselina, ferulna kiselina, rutin i 5-hidroksimetilfurfural su proizvodi kompanije Sigma-Aldrich GmbH (Sternheim, Nemačka). 2,2'-bipiridin je proizvod kompanije Fluka (Buchs, Švajcarska). Etanol HPLC čistoće (gradient grade) proizveden je u J. T. Baker (Deventer, Holandija), dok su metanol HPLC čistoće (gradient

grade), mravlja kiselina za HPLC, kao i kvercetin pribavljeni iz kompanije Merck (Darmstadt, Nemačka).

Hemikalije korišćene za identifikovanje i kvantifikovanje aminokiselina: orto-ftalaldehid (OPA) i 9-fluorenilmetil hloroformat (FMOC), standardi aminokiselina i boratni pufer su proizvodi kompanije Agilent Technologies (Santa Clara, Kalifornija, SAD). Rastvarači, acetonitril i metanol, HPLC čistoće, proizvodi su kompanije Avantor Performance Materials (Gliwice, Poljska).

Hemikalije korišćene za identifikovanje i kvantifikovanje šećera: standard saharoze, proizvod firme Superlco (Bellefonte, Pensilvanija, USA), standard α -(D+)-glukoze i (D-)-fruktoza, proizvodi su firme Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Nemačka).

Svi ostali reagensi i hemikalije upotrebljeni u eksperimentalnom radu su bili analitičke čistoće. Ultračista voda je dobijena u laboratoriji, korišćenjem sistema Millipore, Elix UV i Simplicity Water Purification System-a (Molsheim, France).

Za potrebe određivanja parametara kvaliteta kuvane testenine, instrumentalnog određivanja boje i teksturnih svojstava, kao i sprovođenja senzorske ocene upotrebljena je voda za piće iz vodovodne mreže grada Novog Sada.

3.2. METODE

3.2.1. Proizvodnja taljatela od integralnog pšeničnog i heljdinog brašna

Proizvodnja taljatela sprovedena je u poluindustrijskom pogonu „Mohan“ d.o.o, Lokve na jednopužnom ekstruderu (Ital past Mac 60 Pasta Maker Extruder, Parma, Italy) kapaciteta 80 kg/h (Slika 3.1). Proizvedene su taljatele od integralnog pšeničnog brašna, koje su u eksperimentima korišćene kao kontrolni uzorak, i taljatele u kojima je integralno pšenično brašno supstituisano sa jednom od dve vrste integralnog heljdinog brašna [autoklavirano (hidrotermički tretirano) integralno heljdino brašno – THB i brašno bez tretmana (netretirano) – NHB] sa nivoom supstitucije od 10 do 30% (Slika 3.1b). Autoklavirano integralno heljdino (THB) brašno dobijeno je mlevenjem zrna koja su prošla prethodnu termičku obradu u autoklavu (Autoclav STERICLAV – S AES-75, Raypa trade, Barselona, Španija) na 120 °C pri pritisku od 0,2 MPa u trajanju od 10 min, nakon čega su se hladila na sobnoj temperaturi od 23 °C, 24 h. Formulacije uzoraka taljatela korišćenih za dalja ispitivanje prikazane su u Tabeli 3.1.



Slika 3.1. Proizvodnja taljatela u poluindustrijskom pogonu „Mohan“ d.o.o, Lokve

Tabela 3.1. Formulacije taljatela i oznake uzoraka

| Oznaka uzorka | Integralno pšenično brašno (g/100 g) | Integralno heljdino brašno (g/100 g) | Integralno heljdino brašno (termički tretirano) (g/100 g) | Voda (g/100g) |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------|
| Kontrola | 100 | 0 | 0 | 32 |
| 10NT | 90 | 10 | 0 | 32 |
| 20NT | 80 | 20 | 0 | 32 |
| 30NT | 70 | 30 | 0 | 32 |
| 10T | 90 | 0 | 10 | 32 |
| 20T | 80 | 0 | 20 | 32 |
| 30T | 70 | 0 | 30 | 32 |

Homogenizacija smeše brašna odvijala se u predmešaču ekstrudera u trajanju od 2 do 3 minuta. Nakon toga se u predmešač postepeno dodavala voda ($t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Zapremina vode potrebne za zames testa preračunata je na osnovu sledeće formule:

$$V = [B(w_t - w_b)] / (100 - w_t)$$

gde je: V – zapremina vode, l

B – količina brašna koja se utroši u jedinici vremena, kg

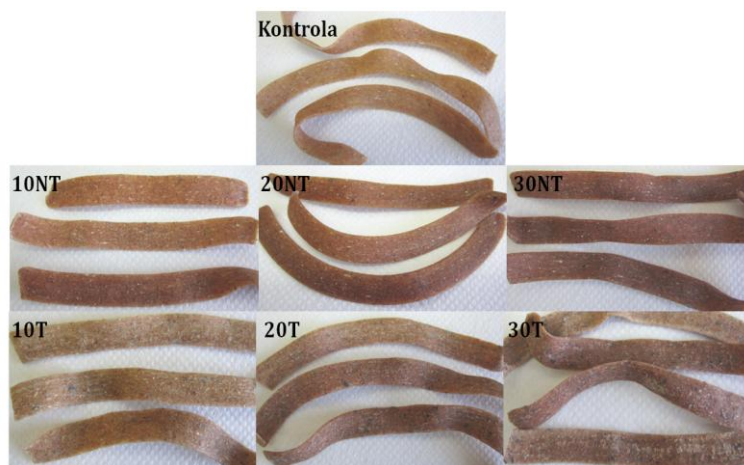
w_t – vlaga testa, %

w_b – vlaga brašna, %.

Nakon što je dodata neophodna zapremina vode, testana smesa je mešana u predmikseru još narednih 12 min, kako bi se obezbedila potpuna hidratacija čestica brašna. Nakon toga, mrvičasta masa testa prebačena je u mešač ekstrudera u kojem je nastavljeno mešanje zajedno sa ekstrudiranjem testa. Na izlaznom otvoru puža ekstrudera montirana je teflonska matrica sa odgovarajućim otvorima i nožem koji omogućuju oblikovanje testa u odgovarajući oblik, karakterističan za taljatele.

Ekstrudirana vlažna testenina je rasprostirana na drvene ramove sa perforiranom podlogom („lese“) pri čemu je zbog strujanja toplog vazduha, koje je obezbeđivao ventilator ugrađen ispod lesa, bila izložena predsušenju (Slika 3.1). Cilj predsušenja je da se vlaga iz taljatela intenzivno izdvoji i spreči slepljivanje taljatela koje su po izlasku iz

ekstrudera tople, vlažne i lepljive. Nakon raspoređivanja taljatela po lesama, lese se postavljaju na nosače i smeštaju u sušnicu (Ital past D200) sa režimom niske temperature sušenja (oko 50 °C) i sušene 13,5 h i do postizanja relativne vlage od oko 12%. Na Slici 3.2. prikazane su proizvedene taljatele.



Slika 3.2. Taljatele proizvedene u poluindustrijskom pogonu „Mohan“ d.o.o, Lokve

3.2.2. Određivanje nutritivnih i funkcionalnih karakteristika sirovina i proizvedenih taljatela

3.2.2.1. Određivanje hemijskog sastava

Hemijski sastav sirovina korišćenih za proizvodnju taljatela, integralnog pšeničnog i integralnog heljdinog brašna, i proizvedenih taljatela određen je prema metodama propisanim u Pravilniku o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa („Sl. list SFRJ“, br. 74/88). Sadržaj vlage i pepela u uzorcima određen je gravimetrijski, sadržaj sirovih proteina po Kjeldahl-u (za integralno pšenično brašno za preračunavanje korišćen je faktor 5,7 dok je za integralno heljdino brašno i sve proizvedene taljatele korišćen faktor 6,25), sirove celuloze po Weender-u, količina masti po Weibull-Stoldt-u, sadržaj skroba po Ewers-u i sadržaj ukupnih šećera po Lufle Schoorl-u. Sadržaj ukupnih prehrambenih vlakana određen je po standardnoj AOAC (2000) metodi (Official Method No. 958.29).

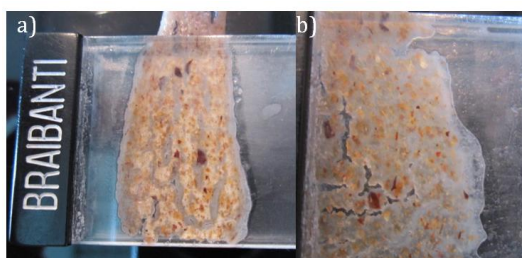
3.2.2.2. Određivanje sadržaja mineralnih materija

Sadržaj minerala (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn i Mn) određen je u integralnom pšeničnom i heljdinom brašnu, u nekuvanim i kuvanim taljateljama suvim spaljivanjem uzoraka na 550 °C metodom atomske apsorpcione spektrometrije. Merenje apsorbaneci ispitivanih

elemenata sprovedeno je na atomskom apsorpcionom spektrometru Varian SpectrAA 10.

3.2.2.2.1. Postupak kuvanja uzoraka taljatela

Uzorak od 50 g testenine je odmeren u laboratorijsku čašu i preliven sa 500 ml ključale destilovane vode, bez dodatka soli. Kuvanje je prekinuto po nestanku farinoznog sloja, što se utvrdilo pritiskanjem komada testenine između dve plastične ploče. Kuvani uzorci su isprani sa 500 ml mlake destilovane vode. Ocedjeni uzorci su raspoređeni po Petri ploči, nakon čega su sušeni u sušnici sa duvaljkom (STERIMATIC ST-11, Instrumentaria, Zagreb) na temperaturi od 45 °C tokom 24 h. Osušeni uzorci taljatela su samleveni na laboratorijskom mlinu sa hlađenjem (1095 Knifetec).



Slika 3.3. Kuvana testenina nakon prvih pet minuta kuvanja, primetan farinozni sloj (a) i skuvana testenina bez farinoznog sloja (b)

3.2.2.3. Određivanje sadržaja fitinske kiseline

Sadržaj fitinske kiseline određen je u integralnom pšeničnom i heljdinom brašnu, i u nekuvanim i kuvanim taljatelama po metodi Haug-a i Lantzsch-a (1983). Metoda se zasniva na indirektnom kolorimetrijskom određivanju fitinskog fosfora u ekstraktima žitarica u opsegu od 3–30 µg/mL. Princip određivanja sadržaja fitinske kiseline u ekstraktu zasniva se na njenom taloženju pomoću rastvora gvožđe (III)-amonijumsulfata poznate koncentracije. Deo Fe^{3+} se utroši na stvaranje nerastvornog gvožđe (III)- fitata, a preostali sadržaj Fe^{3+} u supernatantu se određuje spektrofotometrijski. Kalibraciona kriva se konstruiše primenom serije standardnih rastvora natrijumfitata.

3.2.2.3.1. Postupak pripreme uzoraka za ispitivanje

Odmerenom homogenizovanom uzorku mase 0,5 g dodato je 20 ml 2,4% HCl i ekstrakcija se odvijala na sobnoj temperaturi, tokom 3 h, uz snažno mućkanje na laboratorijskoj mućkalici (Griffin flask shaker, Griffin&George LTD). Supernatant

je odvojen filtracijom kroz kvalitativnu filter hartiju (Whatman, Grade 4 Chr, UK). U 0,5 ml ekstrakta dodat je 1 ml rastvora gvožđe(III)-amonijum-sulfata $\times 12\text{H}_2\text{O}$ (0,2 g gvožđe (III)-amonijum-sulfata $\times 12\text{H}_2\text{O}$ rastvoreno je u 100 ml 2M HCl i dopunjeno je destilovanom vodom do zapremine od 1000 ml). Reakciona smeša u zatvorenoj epruveti je držana na ključalom vodenom kupatilu 30 min, nakon čega je hlađena 15 min u ledenom kupatilu i potom ostavljena da postigne sobnu temperaturu. Nakon postizanja sobne temperature, reakcionoj smeši je dodato 2 mL rastvora 2,2'-bipiridina (10 g 2,2'-bipiridina je rastvoreno u 10 ml tioglikolne kiseline i do 1000 ml dopunjeno je destilovanom vodom) i sadržaj je promešan. Absorbanca je merena na 519 nm na dvoznačnom spektrofotometru (Cintra 303, GBC Scientific Equipment Ltd., Australija) nakon isteka vremena od tačno 30 s, jer bipiridin reaguje i sa gvožđe (III)-fitatom i boja se, shodno tome, menja sa vremenom.

3.2.2.4. Određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola

Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u brašnima i proizvedenim taljateljama određen je po modifikovanoj metodi Singletona i sar. (1999), koju su Novaković i sar. (2015) prilagodili uslovima određivanja na multisken Elisa čitaču (Thermo, Scientific Multiscan Spectrum). Metoda se zasniva na reakciji fenola sa Folin-Ciocalteu-ovim reagensom (smeša Na_2WO_4 , Na_2MoO_4 , HCl, H_3PO_4 i LiSO_4), pri čemu nastaje obojeni kompleks, čija se apsorbanca meri na 760 nm.

3.2.2.4.1. Priprema ekstrakata sirovina i proizvedenih taljatelja

Za potrebe određivanja sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola, pripremljeni su etanolni ekstrakti brašna i taljatelja. Etanolni ekstrakti dobijeni su ekstrakcijom uzoraka sa smešom etanol:voda (80:20, v/v). Na 0,5 g uzorka dodato je 5 ml 80% etanola. Ekstrakcija je trajala 2 h u ultrazvučnom kupatilu, na temperaturi od 40 °C, nakon čega je supernatant izdvojen centrifugiranjem (7 minuta, 3000 rpm (1006,2 g); Eppendorf Centrifuge 5804R, Hamburg, Nemačka) prebačen u kivetu i uparavan do suva na uređaju Reacti-Therm I (Thermo Fisher Scientific Bellefonte, PA. USA.). Suvi ostaci ekstrakata rastvoreni su u 0,5 ml 80% etanola neposredno pre početka rada. Dobijeni osnovni rastvori, koncentracije oko 1 mg uzorka/ml, razblaženi su 100 puta i korišćeni za određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola.

3.3.2.4.2. Reagensi i postupak

Reagensi neophodni za sprovođenje testa:

- 0.1 mol/l Folin-Ciocalteu reagensa (FC reagens): 2,5 ml 2M FC reagensa u 50 ml vode,
- rastvor Na₂CO₃: 7,5 g Na₂CO₃ u 100 ml destilovane vode (7,5% rastvor),
- 1 mg/ml galna kiselina: 0,0276 g C₆H₂(OH)₃COOH x H₂O rastvoreno u 100 ml destilovane vode.

Za izradu kalibracione krive korišćena su razblaženja osnovnog rastvora galne kiseline u rasponu koncentracija od 0 do 1000 µmol/l. Nakon 2 h inkubacije na sobnoj temperaturi (oko 23 °C) merena je apsorbanca na 690 nm (Thermo, Scientific Multiscan Spectrum). Pripremljene su probe na način koji je prikazan u Tabeli 3.2 i njihova apsorbanca je merena spektrofotometrijski nakon 2 sata na 690 nm. određivanja su sprovedena u tri ponavljanja.

Tabela 3.2. Postupak pripreme rastvora za određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola

| <i>Radna proba</i> | <i>Korekcija</i> | <i>Slepa proba</i> |
|---|-------------------------|---|
| 25 µl ekstrakta | 25 µl ekstrakta | – |
| – | 225 µl destilovane vode | 25 µl destilovane vode |
| 125 µl FC reagensa | – | 125 µl FC reagensa |
| 100 µl rastvora Na ₂ CO ₃ * | – | 100 µl rastvora Na ₂ CO ₃ * |

* rastvor je dodat 10 min nakon dodatka FC reagensa

Sadržaj polifenola u uzorcima računat je na osnovu kalibracione krive konstruisane primenom serije standardnih rastvora galne kiseline. Dobijeni rezultati izraženi su kao ekvivalent galne kiseline (GAE) (mg GAE/g ekstrakta, odnosno svežeg uzorka). Apsorbance (A) za svaki ispitivani ekstrakt su računate iz razlike apsorbanca radne probe (A_{rp}) i korekcije (A_{kor}):

$$A = A_{rp} - A_{kor}$$

3.2.2.5. Određivanje sadržaja polifenolnih jedinjenja HPLC metodom

Sadržaj polifenolnih jedinjenja (fenolnih kiselina i flavonoida) određen je u brašnu (integralno pšenično i integralno heljdino brašno), nekuvanim i kuvanim taljateljama i u suvom ostatku vode od kuvanja taljatelja, tehnikom tečne hromatografije visoke rezolucije (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) na aparatu HPLC Agilent 1200 serije (Agilent Technologies, USA). Korišćena je kolona Agilent, Eclipse XDB-C18, 1,8 µm, 4,6 x 50 mm. Detekcija razdvojenih pikova izvršena je primenom detektora sa

serijom dioda (Diode Array Detector, DAD) na 280, 330 i 350 nm, a absorpcijski spektri komponentata su snimljeni u opsegu od 190 do 400 nm, R 500/100 nm.

Kao mobilna faza korišćen je sistem rastvarača: A – metanol i B – 1% mravlja kiselina u ultračistoj vodi (v/v). Razdvajanje komponenti je izvedeno primenom sledećeg linearnog gradijenta: 0–10 min, 10–25% A; 10–20 min, 25–60% A; 20–30 min, 60–70% A. Protok mobilne faze iznosio je 1 ml/min. Injektovano je 10 µl ekstrakta uzorka, automatski, korišćenjem autosamplera. Kolona je termostatirana na temperaturi 30 °C.

Za HPLC određivanja uzorci taljatela samlevani su na laboratorijskom mlinu (1095 Knifetec) sa hlađenjem, a ekstrakti su pripremljeni po sledećem uputstvu.

3.2.2.5.1. Priprema ekstrakata

Ekstrakcija. Odmereno je 5 g uzorka, preliveno sa 12,5 ml smešom etanol:voda (80:20, v/v) i ekstrahovano u ultrazvučnom kupatilu na temperaturi od 40 °C, 15 min. U uzorcima suvog ostatka vode od kuvanja taljatela odnos suvog ostatka i ekstragensa bio je 1:10.

Centrifugiranje. Ekstrakciona smeša je centrifugirana 10 min na 3000 rpm (1006,2 g) (Centrifuga Tehnica, Železniki, Slovenija). Nakon toga supernatant je kvantitativno prenet u staklenu kivetu i uparavan do suvog, u struji azota pri temperaturi od 40 °C na uređaju Reacti-Therm I (Thermo Fisher Scientific Bellefonte, PA, USA.). Suvi ostatak je skladišten na temperaturi od –18 °C do nastavka eksperimenta, a korišćen je za određivanje slobodne frakcije polifenolnih jedinjenja. Izdvojena čvrsta faza, u vidu taloga, dalje se koristila za pripremu uzorka za određivanje frakcije vezanih polifenolnih jedinjenja.

Hidroliza. Frakcija vezanih polifenolnih jedinjenja izdvojena je primenom alkalne hidrolize. Talog izdvojen centrifugiranjem kvantitativno je prenet u balon sa ravnim dnom i hidrolizovan pomoću 50 ml metanola uz dodatak 5 ml kalijum hidroksid:voda (1:1, w/w) i BHT-a. Hidroliza uz refluks je trajala 20 min.

Filtracija. Ohlađeni hidrolizati profiltrirani su kroz Büchner-ov levak preko kvalitativne filter hartije (Whatman, Grade 4 Chr, UK), a filtrat je iz vakuum boce prenet u levak za odvajanje.

Tečno-tečna ekstrakcija. Pre postupka tečno-tečne ekstrakcije, hidrolizat je neutralisan pomoću HCl koncentracije 6 mol/l, i izvršena je precipitacija proteina zasićenim rastvorom NaCl. Nakon toga je u levak za odvajanje dodato 50 ml smeše dietiletar:etilacetat (1:1, v/v) i nakon laganog mućkanja reakcione smeše došlo je do razdvajanja faza. Sa vodeno-metanolnim slojem je postupak ekstrakcije ponovljen još dva puta, a zbirni organski sloj je uparen na rotacionom

vakuum uparivaču do suva (Rotavapor R-210, Buchi, Switzerland). Suvi ostatak je skladišten na temperaturi od $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ do nastavka eskperimenta.

Suvi ostatak je rastvoren u mobilnoj fazi (5 ml metanol:1% mravlja kiselina, 1:1, v/v) i filtriranjem kroz PTFE filter (Rotilabo-Spritzenfilter 13 mm, Roth, Karlsruhe, Nemačka) sa veličinom pora od $0,45\text{ }\mu\text{m}$.

Polifenolne komponente prisutne u ekstraktu identifikovane su poređenjem njihovih retencionih vremena i spektara sa retencionim vremenom i spektrom standarda za svaku komponentu. Korišćeni su sledeći dostupni standardi, za fenolne kiseline: galna, protokatehinska, *p*-hidroksi benzoeva, vanilinska, siringinska, *p*-kumarinska, ferulna, kafena, sinapinska, hlorogenska i cimetna kiselina; za flavonoide: rutin i kvercetin; flavan-3-ole: katehin i epikatehin. Kvantifikacija komponenata je izvršena metodom spoljašnjeg standarda. Za svaki pojedinačni standard pripremljen je metanolni rastvor standarda masene koncentracije $1,0\text{ mg/ml}$. Od ovog rastvora je pripremljena serija razblaženih rastvora standarda masenih koncentracija u opsegu $0,002\text{--}0,030\text{ mg/ml}$.

Na osnovu dobijenih površina pikova u zavisnosti od koncentracije standarda konstruisana je kalibraciona kriva za svaki standard. Iz dobijene jednačine linearne zavisnosti koncentracije i površine pika izračunate su koncentracije pojedinih polifenonih jedinjenja u ispitivanim uzorcima.

3.2.2.6. Određivanje sadržaja šećera HPLC metodom

Sadržaj šećera određen je u brašnu (integralno pšenično i dva integralna heljdina brašna), nekuvanim i kuvanim taljatelama tehnikom tečne hromatografije visoke rezolucije (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) na aparatu HPLC Agilent 1200 serije (Agilent Technologies, USA) sa ELSD (Evaporative Light Scattering Detector) detektorom i kolonom Phenomenex, $7,8\text{ x }300\text{ mm}$. Kao mobilna faza korišćena je ultračista voda sa protokom od $0,5\text{ ml/min}$. Injektovano je $10\text{ }\mu\text{l}$ ekstrakta uzorka, automatski, korišćenjem autosamplera. Kolona je termostatirana na sobnoj temperaturi (oko $23\text{ }^{\circ}\text{C}$), a uslovi rada detektora bili su: temperatura $40\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, pritisak u struji azota $4,5\pm 0,1\text{ bar}$.

3.2.2.6.1. Priprema reakcione smeše

U odmernom sudu od 50 ml je suspendovano 5 g uzorka u 30 ml destilovane vode i inkubirano u vodenom kupatilu na $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ u trajanju od 15 minuta. Nakon hlađenja reakcionoj smeši su dodati po $1,0\text{ ml}$ Kareza I i II, u razmaku od 10 minuta, a potom i $1,0\text{ ml}$ 100 mM NaOH . Reakciona smeša je dopunjena destilovanom vodom, promešana i filtrirana kroz PTFE filter (Rotilabo-Spritzenfilter 13 mm, Roth, Karlsruhe, Nemačka) sa veličinom pora od $0,45\text{ }\mu\text{m}$.

3.2.2.7. Određivanje sadržaja hidrosimetilfurfurala HPLC metodom

Sadržaj hidrosimetilfurfurala (HMF) određen je po metodi Ariffin i sar. (2014) and Tomasini i sar. (2012) sa manjim modifikacijama. Merenja su sprovedena na brašnu (integralno pšenično i integralno heljdino brašno), nekuvanim i kuvanim taljateljama tehnikom tečne hromatografije visoke rezolucije (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) na aparatu HPLC Agilent 1200 serije (Agilent Technologies, USA) sa DAD detektorom i kolonom Eclipse XDB-C18, 1,8 μ m, 4,6 x 50 mm. Kao mobilna faza korišćena su dva eluenta, eluent A: voda (0,1% mravlja kiselina, HCOOH) i eluent B: metanol, pri čemu je korišćeno izokratsko eluiranje smešom A:B (90:10, v/v) uz protok od 0,75 ml/min. Injektovano je 2 μ l ekstrakta uzorka, automatski, korišćenjem autosamplera. Kolona je termostatirana na temperaturu od 30 °C. Merenja su sprovedena na 284 nm. Ukupno vreme analize iznosi 5 min.

3.2.2.7.1. Priprema ekstrakata

Ekstrakcija HMF-a iz uzoraka je sprovedena po metodi Rufián-Henares i sar. (2006) uz manje modifikacije. Oko 10 g uzorka je suspendovano u 5 ml smeše rastvora voda:metanol (70:30) i snažno mešano 1 min, nakon čega je dodato 2,0 ml rastvora Kareza I i II. Ekstrakciona smeša je centrifugirana 15 min na 5000 rpm (2795 g) (Centrifuga Tehnica, Železniki, Slovenija) na temperaturi od 4 °C. Nakon toga supernatant je kvantitativno prenet u kivetu od 15 ml. Sprovedene su još dve uzastopne ekstrakcije sa po 2 ml rastvora voda:metanol (70:30). Od oko 10 ml zbirnog supernatanta, pre analize je 2 ml supernatanta ponovo centrifugirano na 8000 rpm (7155,2 g), tokom 15 min.

3.2.2.8. Spektrofotometrijska analiza antiradikalske aktivnosti ekstrakta sirovina i proizvedenih taljatelja na DPPH'

Antiradikalska aktivnost ekstrakata sirovina korišćenih za proizvodnju integralnih taljatelja kao i ekstrakata samih taljatelja sagledana je kroz uticaj ispitivanih ekstrakata na sadržaj DPPH radikala (DPPH') koja je određena po modifikovanoj metodi Hatano i sar. (1988) prilagođenoj očitavanjima na multisken Elisa čitaču (Thermo, Scientific Multiscan Spectrum).

3.2.2.8.1. Priprema ekstrakata

Za potrebe određivanja antiradikalske aktivnosti na DPPH radikale, pripremljeni su etanolni ekstrakti brašna i taljatelja. Etanolni ekstrakti dobijeni su ekstrakcijom uzorka smešom etanol:voda (80:20, v/v). Na 1,0 g uzorka dodato je 10 ml 80% etanola. Uzorci su macerirani 12 h na sobnoj temperaturi (25 °C), a potom je

ekstrakcija nastavljena u ultrazvučnom kupatilu, 30 min na temperaturi od oko 40 °C, nakon čega je supernatant izdvojen centrifugiranjem (7 min, 3000 rpm (1006,2 g); Eppendorf Centrifuge 5804R, Hamburg, Nemačka) prebačen u kivetu i uparavan do suva na uređaju Reacti-Therm I (Thermo Fisher Scientific Bellefonte, PA. U.S.A.). Suvi ostaci ekstrakata rastvoreni su u 0,5 ml 80% etanola neposredno pre početka rada. Pripremljeni osnovni rastvori, koncentracije oko 2 mg/ml, razblaženi su smešom etanol:voda (80:20, v/v) kako bi se dobile serije razblaženja ekstrakata (ekstrakti brašna razblaženi su 200, 300 i 500 puta, a ekstrakti testenina 20, 30 i 50 puta).

3.2.2.8.2. Postupak merenja

Za potrebe određivanja antiradikalske aktivnosti uzoraka testenina i brašna pripremljeni su rastvori prikazani u Tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Postupak pripreme rastvora za određivanje antiradikalske aktivnosti

| <i>Radna proba</i> | <i>Kontrola</i> | <i>Slepa proba</i> |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 5 µl ekstrakta uzorka | – | 5 µl ekstrakta uzorka |
| 145 µl etanola | 150 µl etanola | 195 µl etanola |
| 50 µl rastvora DPPH* | 50 µl rastvora DPPH* | – |

*rastvor DPPH je koncentracije 90 µM

Apsorbanca reakcione smeše, zaštićene od svetlosti, merena je na 492 nm (Thermo, Scientific Multiscan Spectrum) svakih 60 minuta tokom 3 h. Na osnovu izmerenih apsorbanca uzorka (A_{uz}), kontrole (A_{kont}) i slepe probe (A_{sp}), određena je antiradikalska aktivnost na DPPH[•] ($AA_{DPPH^{\bullet}}$) prema jednačini:

$$AA_{DPPH^{\bullet}}(\%) = 100 - [100 * (A_{uz} - A_{sp}) / A_{kont}]$$

Konstruisana je kriva zavisnosti između $AA_{DPPH^{\bullet}}$ (%) i koncentracije rastvora ekstrakta u cilju određivanja vrednosti IC_{50} (mg/ml). IC_{50} vrednost definisana je kao koncentracija ekstrakta pri kojoj je neutralisano 50% DPPH[•] radikala u uslovima koje definiše metoda, a dobijena je računski iz jednačine linearne regresije (Espin i sar., 2000).

Za praćenje kinetike reakcije konstruisana je kriva zavisnosti između IC_{50} vrednosti i vremena.

3.2.2.9. Određivanje sadržaja aminokiselina HPLC metodom

U cilju određivanja sastava aminokiselina uzorci brašna, nekuvanih i kuvanih taljatela podvrgnuti su kiseloj hidrolizi prema modifikovanoj metodi Fountounakis-a i Lahm-a

(1998), a sastav aminokiselina je određen tehnikom tačne hromatografije visoke rezolucije.

3.2.2.9.1. Hidroliza uzoraka

Liofilizirani uzorci (oko 50 mg) su precizno odmereni na analitičkoj vagi direktno u posude za derivatizaciju, nakon čega je dodato po 1 ml rastvora za hidrolizu (6M HCl sa dodatkom 0,1% fenola i 3% tioglikolne kiseline, v/v) i svaki sud je zatvoren poklopcem nakon prethodne zamene atmosfere u sudu radi sprečavanja oksidacije aminokiselina (uvođenjem azota u sud tokom 10 sekundi). Uzorci su zatim podvrgnuti hidrolizi zagrevanjem u termostatu na 110 °C u trajanju od 24 h. Nakon isteka vremena, sudovi su ohlađeni na sobnu temperaturu (oko 23 °C) i sadržaj svakog suda je prenet u odmerni sud od 50 ml i dopunjen destilovanom vodom. Rastvor je zatim profiltriran pomoću špic-filtera prečnika pora 0,22 µm (regenerisana celuloza; Rotilabo-Spritzenfilter 13 mm, Roth, Karlsruhe, Nemačka) u vijalu i podvrgnut hromatografskoj analizi.

3.2.2.9.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza aminokiselina

Sastav aminokiselina u uzorcima određen je tehnikom tačne hromatografije visoke rezolucije (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) na aparatu HPLC Agilent 1200 serije. Korišćena je kolona Agilent, Eclipse Plus C18, 5,0 µm, 3,0 x 250 mm. Detekcija razdvojenih pikova izvršena je pomoću detektora sa serijom dioda (Diode Array Detector, DAD) na 338 i 262 nm, a absorpcioni spektri komponenata su snimljeni u opsegu od 190 do 400 nm, R 500/100 nm. Za detekciju je korišćen i detektor fluorescencije (Fluorescence Detector, FLD), sa parametrima ekscitacije na 340 nm i emisije na 450 nm. Obzirom na to da je za analizu aminokiselina pod navedenim uslovima potrebno izvršiti njihovu prethodnu derivatizaciju, ovo je postignuto predkolonskom derivatizacijom hidrolizata sa orto-ftalaldehidom (OPA) i 9-fluorenilmetil hloroformatom (FMOC).

Navedeni postupak predkolonske derivatizacije i hromatografske analize aminokiselina izvršen je prema proceduri proizvođača Agilent Technologies broj 5990-4547EN (Henderson i Brooks, 2010), u kojoj su navedeni detaljni parametri i uslovi hromatografske metode razdvajanja, procedure za derivatizaciju sa gotovim setovima reagenasa i način pripreme standarda aminokiselina. Smeša standarda aminokiselina koja je korišćena za kalibraciju pripremljena je razblaživanjem gotovih smeša standarda sa 0,1M HCl pri čemu je dobijena serija razblaženja koncentracije od 0,1-2 µmol/ml. U cilju ispitivanja analitičkog prinosa metode hidrolize i derivatizacije, 500 µl smeše standarda koncentracije 10

$\mu\text{mol/ml}$ odmereno je u sud za derivatizaciju i podvrgnuto istom postupku hidrolize kao i uzorci.

Konstruisana je kalibraciona kriva, za svaki pojedinačni standard, na osnovu dobijenih površina pikova u zavisnosti od koncentracije standarda. Iz dobijene jednačine linearne zavisnosti izračunate su koncentracije pojedinih aminokiselina u uzorcima i izražene kao $\mu\text{mol/g}$ uzorka, a na osnovu molekulskih masa pojedinih aminokiselina njihov sadržaj u uzorcima je izražen u g/kg s.m.

3.2.3. Određivanje fizičkih osobina taljatela

3.2.3.1. Određivanje dužine, širine i debljine nekuvanih taljatela

Dužina, širina i debljina nekuvanih taljatela određeni su primenom kljunastog pomičnog merila (nonijusa). Merenja su sprovedena na 20, nasumično odabranih taljatela, a rezultati su izraženi kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija.

3.2.3.2. Određivanje parametara kvaliteta kuvanih taljatela

Kvalitet kuvane testenine definiše se na osnovu procenta raskuvavanja i povećanja zapremine pri kuvanju testenine do optimalnog vremena kuvanja („Sl. list SRJ“, br. 52/95). Taljatele su kuvane u skladu sa uputstvom koje je propisano u Pravilniku o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa („Sl. list SFRJ“, br. 74/88).

3.2.3.2.1. Određivanje optimalnog vremena kuvanja

Odmereno je 100 g taljatela i stavljeno u 1l ključale vode u koju je dodato 5 g kuhinjske soli. U momentu stavljanja taljatela u vodu započeto je merenje vremena kuvanja. Testenina se kuvala na temperaturi na kojoj je voda umereno ključala u posudi sa poklopcem kako bi se sprečio gubitak vode isparavanjem, uz povremeno mešanje i praćenje nestanka farinoznog brašnenog sloja. Nivo farinoznog sloja je proveravan pritiskanjem komada taljatela između dve plastične ploče (Slika 3.2), a u trenutku kada je utvrđen nestanak ovog sloja očitano je vreme kuvanja taljatela koje predstavlja *optimalno vreme kuvanja*.

3.2.3.2.2. Određivanje procenta raskuvavanja taljatela

Kuvane taljatele su ocedene od vode od kuvanja i isprane sa 500 ml mlake vode i ostavljene da se ocede. Voda od kuvanja i ispiranja su sakupljene (voda od

ceđenja) i izmerena je njihova zapremina (C, ml). Alikvot od 100 ml je odmeren u staklenu laboratorijsku čašu poznate mase i ostavljen da ispari do suva, a potom je ostatak osušen na 130 °C u trajanju od 90 min. Suvi ostatak (So) je preračunat na sadržaj suve materije u uzorku testenine. Procenat raskuvavanja izačunat je prema sledećoj formuli:

$$R (\%) = [C (So - K)] / (100 - V)$$

gde je: C – zapremina vode od ceđenja, ml,

So – masa suvog ostatka od 100 ml vode od ceđenja, g

K – korekcija za kuhinjsku so, g ($K = (4,7 \cdot 100) / C$, na bazi 61% vode u soli)

V – vlaga taljatela.

Prema procentu raskuvavanja, kvalitet kuvane testenine ocenjuje se sledećim opisnim ocenama (Kalušerski i Filipović, 1990):

- do 6 – testenina ima vrlo dobre osobine kuvanja,
- 6 do 8 – testenina ima dobre osobine kuvanja,
- 8 do 10 – testenina ima zadovoljavajuće osobine kuvanja,
- 10 do 12 – testenina ima slabe osobine kuvanja,
- preko 12 – testenina ima nezadovoljavajuće osobine kuvanja.

3.2.3.2.3. Određivanje povećanja zapremine taljatela pri kuvanju

Koeficijent povećanja zapremine taljatela (X) izračunat je po sledećoj formuli:

$$X = B/A$$

gde je: A – zapremina nekuvanih taljatela, ml (određena merenjem promene zapremine vode u menzuri nakon dodavanja 100 g nekuvanih taljatela);

B – zapremina kuvanih taljatela, ml (određena merenjem promene zapremine vode u menzuri nakon dodavanja 100 g kuvanih taljatela).

3.2.3.2.4. Određivanje količine apsorbovane vode tokom kuvanja taljatela

Količina vode apsorbovane tokom kuvanja (WA – *water absorption*) određena je po sledećoj formuli:

$$WA (\%) = [(M_k - M_n) / M_n] \times 100$$

gde je: M_k – masa kuvanih taljatela, g (određena merenjem mase taljatela nakon kuvanja i ceđenja tokom 1 minute),

M_n – masa nekuvanih taljatela, g (masa taljatela odmerena za kuvanje, 100 g).

3.2.3.2.5. Određivanje stepena bubrenja taljatela

Stepen bubrenja taljatela (*SI – swelling index*) određen je prema sledećoj formuli:

$$SI (\%) = (M_k - M_{k0}) / M_{k0}$$

gde je: M_k – masa kuvanih taljatela, g (određena merenjem mase taljatela nakon kuvanja i ceđenja tokom 1 minute);

M_{k0} – masa kuvanih taljatela, osušene do konstantne mase, g.

3.2.3.3. Instrumentalno određivanje boje

Boja brašna, nekuvanih i kuvanih uzoraka taljatela određena je u dvadeset ponavljanja upotrebom kolorimetra Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Japan) i odgovarajućeg nastavka CR-A33b sa staklenom zaštitom prilagođenog za merenja ovakve vrste uzoraka (Slika 3.3). Za merenja je korišćeno D-65 osvetljenje, standardni ugao posmatranja od 2° i prečnik kontaktne površine od 8 mm. Pre merenja izvršena je kalibracija standardom bele boje. Rezultati su izraženi prema CIELab sistemu boja (CIE, 1976) kao svetloća boje [L^* – gde 0 označava crno, a 100 belo), udeo crvene/zelene boje ($a^* > 0$ označava crvenu i $a^* < 0$ označava zelenu boju), udeo žute/plave boje ($b^* > 0$ označava žutu i $b^* < 0$ označava plavu boju)] i ugao boje (h). Indeks braon boje ($YI = 142,86(b^*/L^*)$) korišćen je za izražavanje stepena bež ili braon boje taljatela. Varijacije u boji (ΔE) između taljatela sa različitim formulacijama, kao i one nastale usled kuvanja taljatela, određene su prema formuli Jaros i Rohm (2001):

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

Prema Schläpfer (2002) ako je:

$\Delta E^* < 0,2$ razlika u boji se ne vidi ljudskim okom,

$\Delta E^* = (0,2-1)$ razlika u boji se primećuje ljudskim okom,

$\Delta E^* = (1-3)$ razlika u boji se vidi ljudskim okom,

$\Delta E^* = (3-6)$ razlika u boji se dobro vidi,

$\Delta E^* > 6$ očigledna odstupanja boje.



Slika 3.4. Merenje boje kuvane testenine pomoću kolorimetra Minolta Chroma Meter CR-400

3.2.3.4. Instrumentalno određivanje teksturnih svojstava

Teksturna svojstva nekuvanih i kuvanih uzoraka taljatela određena su primenom analizatora teksture TA-XT^{Plus} Texture Analyzer TA.XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, Great Britain). Merenja teksturnih svojstava ovim instrumentom zasnivaju se na uspostavljanju neposrednog kontakta uzorka taljatela i odgovarajuće sonde, pri čemu se na osnovu veličine deformacije uzorka ili otpora koji uzorak pruža dejstvu odgovarajuće sile, određuje mereno teksturno svojstvo hrane. Kao krajnji rezultat registruje se sila u funkciji vremena ili deformacije.

Za potrebe određivanja teksture kuvanih taljatela u svim primenjivanim testovima, taljatele su kuvane do nestanka farinoznog sloja u sredini taljatela (kako bi se izbegla varijabilnost rezultata zbog različitog stepena skuvanosti taljatela. Određivanje optimalnog vremena kuvanja opisano je u odeljku 3.2.3.2.1.

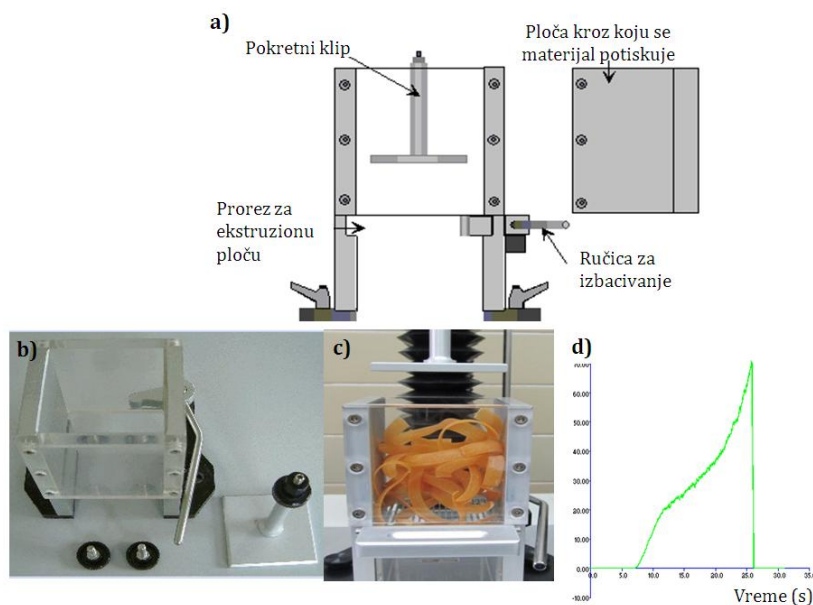
Određivanje teksturnih svojstava sprovedeno je u skladu sa preporukama proizvođača, prilagođavanjem postojećih protokola iz softverskog paketa (Exponent Stable Micro Systems, version 6.0) materijalu i potrebama.

3.2.3.4.1. Određivanje teksturnih svojstava nekuvanih uzoraka taljatela uz primenu Ottawa merne ćelije

Za potrebe određivanja teksturnih karakteristika nekuvanih taljatela primenjen je test kompresije, sa mernom ćelijom od 50 kg, uz primenu Ottawa mernog pribora (A/OTC) sa pokretnim dnom u obliku ploče sa 17 proreza (A/TBL) kroz koje se uzorak potiskivao u plastičnu posudu (A/CAT).

Određivanje teksture nekuvanih taljatela sprovedeno je po sledećem protokolu (Puffer Cereal Compression – CER2_OTC.PRJ):

- Parametri testa:
- merenje sile kompresijom,
 - vraćanje sonde na startnu poziciju,
 - brzina sonde tokom testa: 5,0 mm/s,
 - brzina sonde nakon testa: 10,0 mm/s,
 - rastojanje sonde od uzorka (pre početka testa): 60 mm.

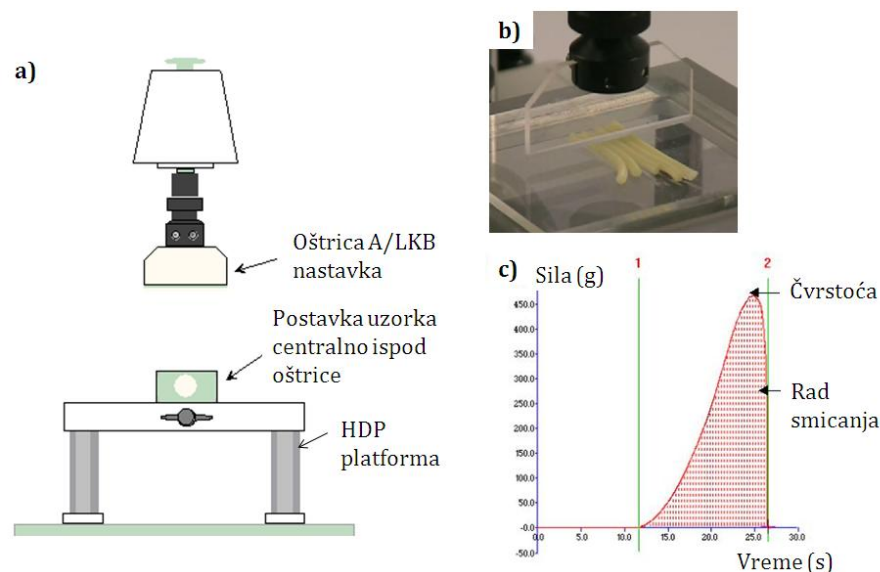


Slika 3.5. Test kompresije na nekuvanim uzorcima taljatele: a) shematski prikaz Ottawa ćelije; b) Ottawa ćelija; c) Ottawa ćelija u radu; d) izgled tipičnog grafika

Kalibracija početnog položaja sonde (položaj sa koje sonda započinje test i na koji se vraća po završenom testu) obavljena je pre samog testa. Masa uzorka za ispitivanje iznosila je oko 30 g (što je dovoljno da ispuni oko 50% kapaciteta posude za smeštanje uzorka) postavljena je u posudu za smeštanje uzorka i pokrenut je test sa prethodno podešenim protokolom. U trenutku kontakta sonde i uzorka, dolazi do neprekidnog povećanja sile, da bi u trenutku započinjanja loma uzorka, došlo do njenog povećanja velikom brzinom. Test kompresije uzorka može se pratiti putem automatski konstruisanog grafika zavisnosti „sila-vreme“ (Slika 3.4). Tvrdoća uzoraka određena je kao maksimalna postignuta sila/otpor pri lomu uzorka taljatele i izražena je u gramima (g). Linearno rastojanje u trenutku loma označano je kao hrskavost uzorka i izraženo je u kgs. Određivanja su sprovedena u 10 ponavljanja.

3.2.3.4.2. Određivanje čvrstoće kuvanih uzoraka taljatele primenom standardnog AACC metoda

Prema standardnoj AACC metodi (16–50) čvrstoća kuvanih taljatele određena je uz primenu nastavka A/LKB-F sa ravnom oštricom noža prečnika 1 mm i uz primenu merne ćelije od 5 kg. Pre početka testa sprovedena je kalibracija sonde kako bi se definisalo rastojanje između sonde i HDP/90 (Heavy Duty Platform) platforme na kojoj se smešta uzorak, kako bi se obezbedilo kretanje i vraćanje kontaktne sonde na isto rastojanje od platforme i uzorka. Uzorci kuvanih taljatele (10 x 3 komada) postavljeni su na platformu jedno pored drugog normalno u odnosu na oštricu A/LKB-F nastavka (Slika 3.6).



Slika 3.6. Određivanje čvrstoće kuvanih taljatele primenom standardnog AACC (16–50) metoda: a) shematski prikaz instrumenta sa A/LKB nastavkom; b) presecanje testenine A/LKB nastavkom; c) izgled tipičnog grafika

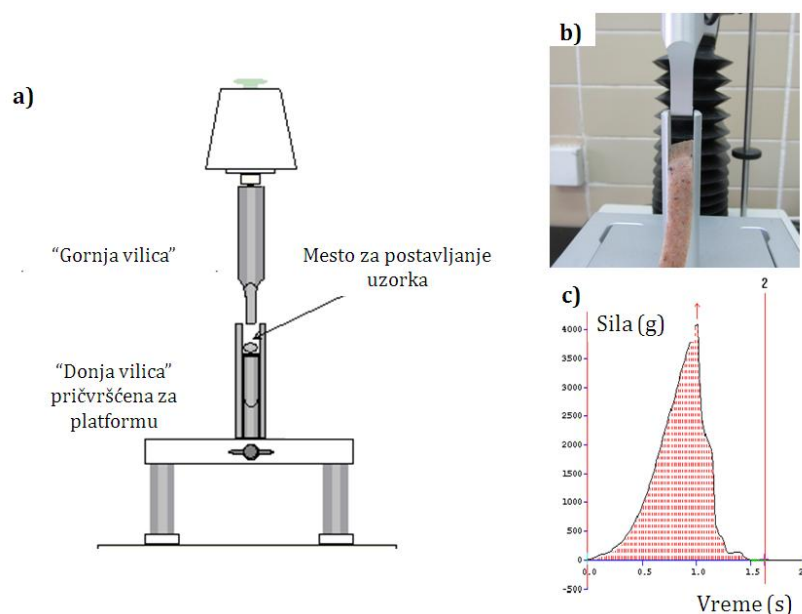
Određivanje čvrstoće kuvanih taljatele primenom standardnog AACC (16–50) metoda sprovedeno je po sledećem protokolu (AACC Spaghetti Firmness – PTA3_LKB.PRJ):

- merenje sile kompresijom,
 - vraćanje sonde na startnu poziciju (15 mm od uzorka),
 - brzina sonde tokom testa: 0,17 mm/s,
- Parametri testa:
- brzina sonde nakon testa: 10,0 mm/s,
 - kompresija do prodiranja oštrice nastavka u uzorak do 0,5 mm.

Sa grafika zavisnosti „sila-vreme“ moguće je pratiti povećanje sile usled prodiranja nastavka kroz uzorak. U trenutku prodiranja oštrice nastavka na dubinu od 0,5 mm u uzorak, dobija se maksimalna sila koja, koja ujedno predstavlja čvrstoću uzorka. Površina ispod krive grafika predstavlja rad smicanja.

3.2.3.4.3. Određivanje čvrstoće kuvanih uzoraka taljatele primenom Volodkevich Bite Jaws nastavka

Čvrstoća uzorka taljatele određena je uz primenu nastavka Volodkevich Bite Jaws (HDP/VB) i ćelije opterećenja od 5 kg. Postavkom uzorka kuvane taljatele između donjeg i gornjeg dela nastavka, ostvareno je simuliranje zagrizanja (Slika 3.7b).



Slika 3.7. Određivanje čvrstoće kuvanih taljatela primenom nastavka Volodkevich Bite Jaws: a) shematski prikaz Volodkevich Bite Jaws nastavka; b) Volodkevich Bite Jaws nastavak u radu; c) izgled tipičnog grafika

Određivanje čvrstoće kuvanih taljatela primenom nastavka Volodkevich Bite Jaws sprovedeno je po sledećem protokolu (Sweetcorn shearing – COR2_VB):

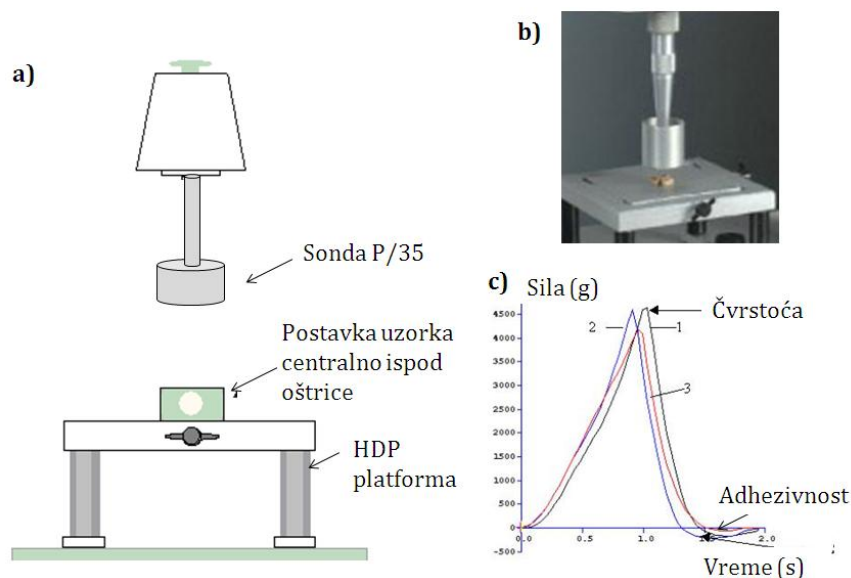
- merenje sile kompresijom,
 - vraćanje sonde na startnu poziciju (22 mm od uzorka),
 - brzina sonde pre testa: 2,0 mm/s,
- Parametri testa:
- brzina sonde tokom testa: 2,0 mm/s,
 - brzina sonde nakon testa: 10,0 mm/s,
 - kompresija uzorka se obavlja do 75% deformacije („strain target mode“).

Kalibracija početnog položaja sonde (položaj sa koje sonda započinje test i na koji se vraća po završenom testu) obavljena je pre samog testa. Određivanja su sprovedena na 10 taljatela u 3 tačke (krajevi i središnji deo). Sila koja se očitava sa grafika zavisnosti „sila-vreme“ se povećava sa većim prodiranjem sonde u uzorak. U trenutku kada je postignuto zadatih 75% deformacije uzorka, ostvarena je maksimalna vrednost sile koja predstavlja čvrstoću/tvrdoću uzorka. Površina ispod krive grafika predstavlja rad smicanja (Slika 3.7c).

3.2.3.4.4. Određivanje čvrstoće i adhezivnosti kuvanih uzoraka taljatela uz primenu cilindrične sonde P/35

Čvrstoća i adhezivnost kuvanih uzoraka taljatela određena je uz primenu cilindrične sonde P/35 i ćelije opterećenja od 5 kg (Slika 3.8). Uzorci taljatela (po

tri taljatele poredane jedna pored druge) postavljeni su centralno ispod cilindrične sonde P/35 na HDP platformu.



Slika 3.8. Određivanje čvrstoće i adhezivnosti kuvanih taljatele primenom cilindrične sonde P/35: a) shematski prikaz rada sa kompresionom sondom P/35; b) nastavak u radu; c) izgled tipičnog grafika

Određivanje čvrstoće i adhezivnosti kuvanih taljatele primenom cilindrične sonde P/35 sprovedeno je po sledećem protokolu (Noodle Compression – NOO2_P35.PRJ):

- merenje sile kompresijom,
 - vraćanje sonde na startnu poziciju (15 mm od uzorka),
 - brzina sonde pre testa: 2,0 mm/s,
 - brzina sonde tokom testa: 2,0 mm/s,
- Parametri testa:
- brzina sonde nakon testa: 2,0 mm/s,
 - kompresija uzorka se obavlja do 75% deformacije („strain target mode“),
 - sila okidanja: 10 g.

Kalibracija početnog položaja sonde (položaj sa koje sonda započinje test i na koji se vraća po završenom testu) obavljena je pre samog testa. Određivanja su sprovedena u 10 ponavljanja. Kada se postigne sila okidanja od 10 g, sonda nastavlja sa kompresijom od 75%. U trenutku kada je postignuto zadatih 75% deformacije/kompresije uzorka, kriva na grafiku zavisnosti „sila-vreme“ dostiže maksimalnu vrednost koja predstavlja čvrstoću/tvrdoću uzorka. Površina ispod krive u negativnoj oblasti grafika predstavlja adhezivnost uzorka (Slika 3.8c).

3.2.3.5. Analiza strukture uzoraka brašna i kuvanih taljatela

Mikrostruktura brašna i proizvedenih kuvanih taljatela analizirana je pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa JSM-6460LV (SEM, JEOL Ltd., Japan) na 25 kV. Mali komadi tek skuvanih taljatela isečeni su oštrom sečivom kako bi se što manje narušila struktura uzoraka na preseku, a potom su uzorci fiksirani u rastvoru glutaraldehida u vodi (1:30, v/v) tokom 2 sata. Nakon toga, uzorci su dehidrirani sukcesivnim potapanjem u seriju rastvora acetona u vodi rastućih koncentracija (25:75, 50:50, 75:25 i 80:20, v/v) u trajanju od po 20 min u svakom rastvoru. Konačna dehidratacija uzoraka sprovedena je u 100% acetonu tokom tri sukcesivna perioda od 20 min (Ribotta i sar., 2004). Dehidrirani uzorci su sušeni do kritične tačke pomoću Critical Point Dryer 030 (BAL-TEC AG, Germany) i prevučeni tankim slojem zlata, raspršivanjem po površini uzorka (BAL-TEC SCD 005 sputter coater Balzers, Liechtenstein). Uzorci brašna snimljeni su pri uvećanju od 500x i 3000x, a uzorci kuvanih taljatela pri uvećanju od 200x i 1000x.

3.2.4. Senzorska ocena taljatela

U cilju dobijanja senzorskog profila novokreiranih uzoraka testenina, oblika taljatela, sprovedena je objektivna senzorska ocena uz primenu panela utreniranih ocenjivača. Za potrebe sagledavanja dopadljivosti i prihvatljivosti ovih proizvoda, sprovedena je senzorska ocena uz primenu potrošačkog panela.

3.2.4.1. Senzorska ocena uz primenu panela utreniranih ocenjivača

Za dobijanje pouzadnih rezultata senzorske ocene, neophodno je bilo formirati panel odabranih ocenjivača u skladu sa odgovarajućim standardima (ISO 6658:2005, SRPS EN ISO 8586:2015, SRPS ISO 3972:2011, ISO 5496:2006, SRPS ISO 11037:2013, SRPS ISO 11036:2002).

3.2.4.1.1. Odabir i testiranje kandidata

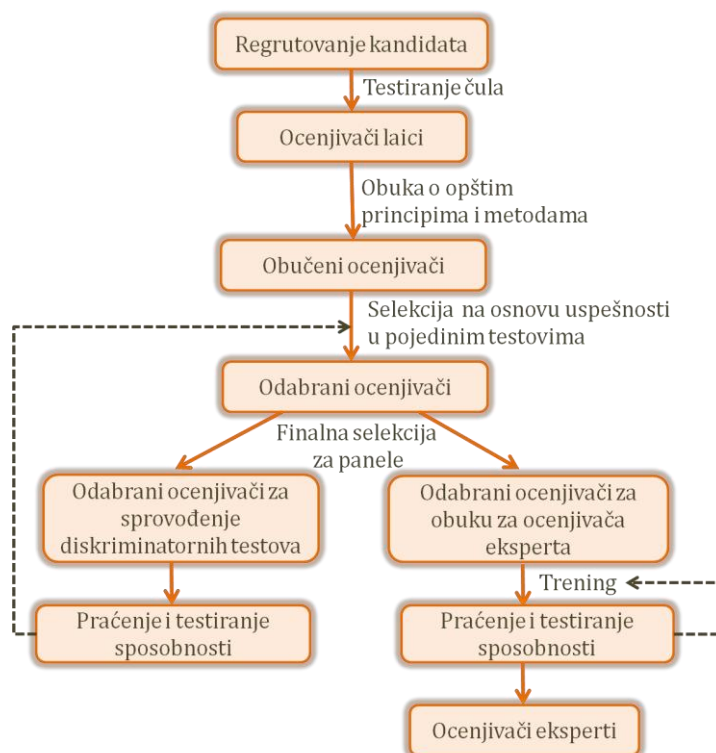
Obzirom da za potrebe dobijanja objektivne senzorske ocene, panel predstavlja „merni instrument“, pouzdanost dobijenih rezultata u velikoj meri zavisi od sposobnosti članova panela da opaze, analiziraju i kvantifikuju opaženo senzorsko svojstvo i/ili svojstva na odgovarajućoj skali intenziteta (senzorski deskriptivni metod). Imajući na umu ovu činjenicu, postupak formiranja panela kao pouzdanog mernog instrumenta, obuhvata nekoliko faza (Slika 3.9).

Potencijalni članovi panela regrutovani su među zaposlenima u Naučnom institutu za prehrambene tehnologije, Novi Sad. Selekcija kandidata obavljena je kroz dve faze, sa tri

puta većim brojem kandidata od neophodnog broja za formiranje panela. Preliminarna eliminacija sprovedena je na osnovu podataka iz ankete (Prilog 1) popunjene od strane odabranih kandidata. Kandidati koji su naveli da imaju hroničnih zdravstvenih problema, kao i oni koji ne konzumiraju testeninu, nisu uzeti u dalje razmatranje.

Odabir potencijalnih ocenjivača napravljen je nakon kraće obuke i testiranja kandidata prema važećim standardima za odabir, obuku i proveru čula članova panela (ISO 6658:2005, SRPS EN ISO 8586:2015, SRPS ISO 3972:2011, ISO 5496:2006, SRPS ISO 11037:2013, SRPS ISO 11036:2002, ISO 8587:2006). Za ovu svrhu korišćeni su sledeći testovi:

- Za proveru čula vida:
 - *Ishihara test,*
 - *Test razlikovanje nivoa intenziteta podražaja za boje;*
- Za proveru čula ukusa:
 - *Test raspoznavanja osnovnih modaliteta ukusa,*
 - *Test razlikovanja nivoa intenziteta podražaja za ukuse;*
- Za proveru čula mirisa:
 - *Test opisnog izražavanja mirisa;*
- Za proveru čula dodira:
 - *Test opisnog izražavanja teksture.*



Slika 3.9. Postupak odabira ocenjivača prema standardu SRPS EN ISO 8586:2015

Tabela 3.4. Rezultati testiranja čula kandidata

| Ocenjivač | Kriterijumi za prolaznost | | | | | | Rezultat ukupno |
|-----------|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Test 1 (100%) | Test 2 (16*/18) | Test 3 (80%) | Test 4 (80%) | Test 5 (80%) | Test 6 (80%) | |
| 1. | 100% | 100% | 89% | 100% | 100% | 94% | 97,17% |
| 2. | 100% | 89% | 78% | 60% | 72% | 67% | 77,67% |
| 3. | 100% | 100% | 100% | 80% | 100% | 94% | 95,67% |
| 4. | 50% | 67% | 33% | 0% | 43% | 43% | 39,33% |
| 5. | 100% | 100% | 56% | 40% | 57% | 43% | 66,00% |
| 6. | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 7. | 100% | 100% | 44% | 0% | 28% | 28% | 50,00% |
| 8. | 50% | 72% | 56% | 0% | 43% | 28% | 41,50% |
| 9. | 75% | 100% | 56% | 40% | 43% | 28% | 57,00% |
| 10. | 100% | 100% | 89% | 100% | 100% | 94% | 97,17% |
| 11. | 75% | 78% | 56% | 40% | 67% | 67% | 63,83% |
| 12. | 100% | 78% | 67% | 40% | 72% | 67% | 70,67% |
| 13. | 75% | 67% | 56% | 0% | 28% | 28% | 42,33% |
| 14. | 75% | 100% | 67% | 40% | 28% | 28% | 56,33% |
| 15. | 100% | 100% | 78% | 80% | 89% | 72% | 86,50% |
| 16. | 100% | 100% | 89% | 80% | 94% | 94% | 92,83% |
| 17. | 100% | 100% | 67% | 40% | 57% | 43% | 67,83% |
| 18. | 75% | 78% | 67% | 0% | 28% | 28% | 46,00% |
| 19. | 100% | 89% | 67% | 0% | 28% | 28% | 52,00% |
| 20. | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 94% | 98,00% |
| 21. | 100% | 100% | 100% | 80% | 100% | 100% | 96,67% |
| 22. | 50% | 67% | 55% | 0% | 43% | 43% | 43,00% |
| 23. | 100% | 100% | 89% | 80% | 100% | 100% | 94,83% |
| 24. | 100% | 88% | 78% | 60% | 71% | 43% | 73,33% |
| 25. | 75% | 78% | 55% | 0% | 28% | 28% | 44,00% |
| 26. | 100% | 100% | 89% | 100% | 89% | 89% | 94,50% |
| 27. | 100% | 78% | 89% | 40% | 57% | 28% | 65,33% |
| 28. | 100% | 100% | 100% | 100% | 94% | 94% | 98,00% |
| 29. | 75% | 78% | 56% | 0% | 43% | 43% | 49,17% |
| 30. | 100% | 100% | 100% | 80% | 100% | 94% | 95,67% |

Test 1 – Ishihara test; Test 2 – Test razlikovanje nivoa intenziteta podražaja za boje; Test 3 – Test raspoznavanja osnovnih modaliteta ukusa; Test 4 – Test razlikovanja nivoa intenziteta podražaja za ukuse; Test 5 – Test opisnog izražavanja mirisa; Test 6 – Test opisnog izražavanja teksture

* dozvoljeno je da sejednom zamene mesta dva uzastopna uzorka

Obrasci korišćeni za testiranje čula kandidata dati su u Prilogu 2 a–f. Za svaki od sprovedenih testova, propisan je zadovoljavajući nivo uspešnosti koji kandidata ili kvalifikuje za dalju obuku, treniranje i testiranje, ili ga isključuje iz daljih aktivnosti (SRPS EN ISO 8586:2015). Na osnovu rezultata testiranja 30 kandidata, sagledana je funkcionalnost i oštrina njihovih čula. Obavljeno testiranje omogućilo je da se stekne uvid u to da li potencijalni panelisti mogu da prate uputstva, razumeju terminologiju koja se koristi tokom senzorske ocene i da li mogu opisno da se izraze u pogledu

opaženih svojstava. Na osnovu uspešnosti urađenih testova, za dalju obuku i formiranje panela odabrano je 12 kandidata (Tabela 3.4).

3.2.4.1.2. Trening odabranih ocenjivača

U okviru početnih trening sesija (2 x 2 h), odabranim ocenjivačima (potencijalnim članovima panela), predloženi su osnovni opšti principi senzorske ocene hrane (ponašanje tokom ocenjivačkih sesija, konzumiranje hrane i pića pre ocene, individualni rad i rad u grupi, načini sagledavanja senzorskih svojstava, uslovi objektivizacije i objektivnost senzorske analize, primena odgovarajućeg senzorskog metoda, način sagledavanja i upotreba odgovarajućih skala za senzorsku ocenu). U daljim sesijama (4 x 1,5 h) ocenjivači su bliže upoznati sa načinom senzorske ocene testenine, objašnjen im je redosled i način sagledavanja senzorskih svojstava, tehnike njihovog ocenjivanja, količina uzorka za manipulaciju u rukama i u ustima, vremensko trajanje žvakanja uzorka tokom ocene, način ispiranja usta nakon svakog uzorka, kao i definisanje vremenske pauze između ocenjivanja dva uzastopna uzorka. Tokom sprovedenih sesija, ocenjivačima su takođe predstavljeni uzorci sa odgovarajućim stepenom nedostatka/deformacije u odnosu na pojedina senzorska svojstva, karakteristična za integralnu testeninu.

3.2.4.1.3. Senzorska ocena metodom bodovanja

Senzorska ocena uzoraka nekuvanih i kuvanih uzoraka taljatela sprovedena je uz primenu metoda bodovanja. Kako bi svi ocenjivači sproveli senzorsku ocenu uzoraka taljatela na isti način, uz pravilnu upotrebu bodova, tokom odgovarajućeg broja sesija (3 x 1,5 h), ocenjivačima su prezentovani nivoi kvaliteta za svako pojedinačno svojstvo i pojedinačnu vrednost boda, uz prezentovanje odgovarajućih referentnih uzoraka (Tabela 3.5). Na ovaj način ostvareno je usaglašavanje članova panela za primenu bodovne skale i sagledavanje senzorskih svojstava na isti način.

Odabir svojstva za senzorsko profilisanje novokreiranih uzoraka taljatela prethodno je utvrđen od strane vođe panela, u skladu sa odgovarajućim standardom [ISO 7340-2:2008 (E)] i literaturnim podacima (Bagdi i sar., 2014; Martinez i sar., 2007; Shogren i sar., 2006; Pestorić, 2007; Pestorić, 2011) u cilju što boljeg definisanja senzorskog kvaliteta testenine.

Ocenjivačima su tokom sesija prezentovani ocenjivački listovi (Prilog 3) i detaljno definisan postupak senzorske ocene.

Tabela 3.5. Senzorska svojstva, definicije i referentni uzorci

| Senzorsko svojstvo | Definicija | Referentni uzorci |
|----------------------------------|---|---|
| <i>Nekuvane taljatele</i> | | |
| Oblik | Sečena testenina određene dužine, ujednačene debljine, pravougaonog oblika, neiskrzana, nije valovita. | 1 – ispucala testenina domaćeg proizvođača 5 – durum taljatele (marka „paglia e fieno“) |
| Ujednačenost boje | Homogena boja površine testenine. | 1 – nehomogena boja testenine, sa beličastim tačkama po površini 5 – durum taljatele („Barilla“) |
| Nijansa boje | Intenzitet braon boje. | 1 – odstupanje od dogovorene boje prema atlasu boja* 5 – dogovorena boja prema atlasu boja* (S4020–Y40R) |
| Lomljivost | Sila potrebna da se taljatele usitni u komade. | 1 – grisine 5 – durum taljatele („Barilla“) |
| <i>Kuvane taljatele</i> | | |
| Miris | Senzorsko svojstvo koje se opaža pomoću čula mirisa udisanjem isparljivih supstanci. | 1 – miris na užeglo, na plesan 5 – miris svežeg integralnog pšeničnog i heljdinog brašna |
| Čvrstoća | Sila potrebna da se proizvod deformiše prstima. | 1 – natopljena sredina hleba 5 – „al dente“ skuvana „Barilla“ taljatele |
| Živahnost | Stepen do kojeg trake taljatele prijanjaju jedna uz drugu tokom podizanja gomile uzorka u vis i praćenje odvajanja pojedinih komada taljatele prilikom puštanja da slobodno padnu na površine sa visine od 10 do 15 cm. | 1 – trake svežeg testa od pšeničnog brašna 5 – „al dente“ skuvana „Barilla“ testenina |
| Elastičnost | Sposobnost testenine da se po završetku delovanja sile deformacije vrati u prvobitno stanje. | 1 – kreker 5 – polovina hleba |
| Površinska lepljivost | Stepen do kog se kuvana testenina lepi za prste. | 1 – raskuvana testenina 5 – sredina hleba |
| Žvakljivost | Broj žvakova koji je potreban da bi se uzorak doveo u oblik koji može da se proguta. | 1 – raskuvani kuvani rezanac za supu 5 – „al dente“ skuvana „Barilla“ taljatele |
| Zrnavost | Opažanje veličine i oblika čestica tokom žvakanja. | 1 – skuvan pšenični griz u mleku |

| Senzorsko svojstvo | Definicija | Referentni uzorci |
|--------------------|---|---|
| | | 5 – puding od vanile |
| Ukus | Osećaji primećeni čulom ukusa koji su pobuđeni nekim rastvorljivim supstancama. | 1 – užegle pšenične mekinje potopljene u vodu da nabubre 5 – skuvana sveža zrna pšenice i heljde |

* NCS Colour Atlas

Trening panela nastavljen je primenom senzorske ocene (2 x 1 h) na različitim komercijalnim uzorcima testenina. Odabrani uzorci testenina bili su oblika taljatele, a u formulaciji su pored pšeničnog i heljdinog brašna, bila prisutna brašna raži, ovsa, ječma, spelte. Senzorska ocena ovih uzoraka sprovedena je u dva ponavljanja, a pouzdanost ocene/učinka, odnosno usaglašenost ocena svakog paneliste ponaosob u odnosu na prosečnu ocenu panela, praćena je pomoću PanelCheck software-a. Primena ovog programa omogućila je vizuelni i brojčani prikaz odstupanja, ponovljivosti i reproduktivnosti ocenjivača, kao i otkrivanje neadekvatnosti u upotrebi bodova u okviru primenjene skale za ocenu, nedovoljno razumevanje ocenjivanih svojstava kao i sposobnost u diskriminaciji pojedinih svojstava.

Analiza dobijenih rezultata prezentovana je članovima panela, kako bi svako od njih stekao uvid u napravljene greške, a kroz diskusiju i dodatno objašnjenje/trening/prikaz, ostvaren je konsenzus unutar panela. Postupak ocene i provera usaglašenosti je ponovljena, a nakon toga pristupilo se senzorskoj oceni proizvedenih taljatelya.

Za senzorsku ocenu proizvedenih uzoraka taljatelya korišćeni su bodovi u rasponu od 1 do 5. Svaki bod je precizno definisan u zavisnosti od toga koje se senzorsko svojstvo ocenjuje. Za svako senzorsko svojstvo izračunate su aritmetičke sredine i standardne devijacije, a dobijeni rezultati su prikazani u obliku „pauk“ dijagrama.

3.2.4.1.4. Priprema, prezentacija i distribucija uzoraka članovima panela

Senzorska ocena uzoraka taljatelya sprovedena je u Laboratoriji za senzorske i tehničke analize FINSLab-a, koja je opremljena u skladu sa važećim standardom (ISO 8589:2007) i koja je pod konstantnim i kontrolisanim uslovima temperature, vlage, buke i mirisa, a sve u cilju smanjenja uticaja psiholoških činilaca na sposobnosti rada ocenjivača. Ocenjivačima su uzorci taljatelya dostavljani u zasebne kabine (Slika 3.10d), u kojima se pored uzoraka nalazio i pribor za ocenjivanje (ocenjivački list, pribor za pisanje, tacna, ubrus, viljuška) i čaša sa destilovanom vodom (Slika 3.10a) za ispiranje usta između dva uzastopna uzorka.

Uzorci taljatelya su dostavljani nasumično, svim ocenjivačima u isto vreme i bili su označeni nasumično odabranim trocifrenim šiframa, što je sa jedne strane obezbedilo

identifikaciju i sledljivost rezultata ocenjivanja, a sa druge strane omogućilo da se izbegne pristrasnost do koje bi moglo doći ukoliko bi ocenjivači spoznali identitet uzorka. Dešifracija uzoraka bila je poznata samo osobi koja je rukovala senzorskim ocenjivanjem.

Uzorci nekuvanih taljatela (oko 20 g/ocenjivaču) distribuirani su u belim činijicama, a uzorci kuvanih taljatela (oko 30g/ocenjivaču) u plastičnim providnim posudicama sa poklopcem (Slika 3.10b i c). Distribucija uzoraka kuvanih taljatela sprovedena je u okviru 15 min od trenutka njihovog ispiranja i ceđenja. Ocenjivači su bili zamoljeni da između ocene dva različita uzorka kuvanih taljatela usta isperu destilovanom vodom.



Slika 3.10. Senzorska ocena taljatela: a) pribor za ocenjivanje; b) nekuvane taljatele; c) kuvane taljatele; d) panel utreniranih ocenjivača u radu

3.2.4.2. Senzorska ocena uz primenu panela potrošača

U cilju sagledavanja stava potrošača o dopadljivosti i prihvatljivosti proizvedenih kuvanih taljatela, u okviru ove doktorske disertacije sproveden je potrošački test. U potrošačkom testu je učestvovalo 70 ispitanika/potrošača, od čega 48 žena i 22 muškarca, starosti od 18 do 75 godina (Slika 3.11).



Slika 3.11. Senzorska ocena taljatela uz primenu panela potrošača

3.2.4.2.1. Potrošački test

Senzorska ocena uzoraka kuvanih taljatela sprovedena je u Laboratoriji za senzorske i tehničke analize FINSLab-a. U prvom koraku potrošačkog testa, potrošači su bili zamoljeni da popune anketni list (Prilog 4), a potom da iskažu svoj sud o dopadljivosti prezentovanih uzoraka. Ukupna dopadljivost proizvoda, kao i dopadljivost pojedinačnih senzorskih svojstava, boje, ukusa i teksture ocenjena je uz primenu hedonske skale sa 9 kategorija, pri čemu je 1 = izuzetno mi se ne dopada, 5 = niti mi se dopada, niti mi se ne dopada, 9 = izuzetno mi se dopada. Smatra se da taljatela ima prihvatljiva senzorska svojstva za potrošače ukoliko je srednja ocena ukupne prihvatljivosti veća od 5 (niti mi se dopada, niti mi se ne dopada). Intenzitet za pojedinačna senzorska svojstva boje, gorkog ukusa, arome, zrnivosti, lepljivosti i tvrdoće, potrošači su iskazali na skali od 5 kategorija, pri čemu 1 = označava nizak intenzitet, a 5 = visok intenzite. Takođe, potrošači su bili zamoljeni da se izjasne o mogućnosti kupovine nekog od uzoraka na skali od 7 kategorija, pri čemu je 1 = sasvim izvesno ga neću kupiti, 4 = ne znam da li ću ga kupiti, 7 = sigurno ću ga kupiti.

3.2.4.1.2. Priprema, prezentacija, i distribucija uzoraka potrošačima

S obzirom da potrošači nemaju iskustva u senzorskoj oceni i da nisu naviknuti na ocenjivanje većeg broja uzoraka, da bi se izbegao zamor njihovih čula, eksperiment je kreiran kao izbalansirani nepotpuni blok dizajn (Balanced incomplete block design). Ovako kreiran eksperiment omogućio je da svaki potrošač oceni samo podskup uzoraka od ukupnog broja uzoraka, tj. da oceni manji broj uzoraka od onog koji zaista postoji, ali vodeći računa da svaki uzorak bude ocenjen u jednakom broju ponavljanja i kombinacija sa drugim uzorcima. Svaki potrošač je ocenio 4 od 7 uzoraka u skladu sa šemom prikazanom u Tabeli 3.6.

Potrošači su ocenjivali samo uzorke kuvanih taljatela. Svi uzorci taljatela bili su označeni nasumično odabranim trocifrenim šiframa, a dešifracija uzoraka bila je poznata samo osobi koja je rukovodila senzorskim ocenjivanjem. Dinamika distribucije uzoraka kuvanih taljatela zavisila od brzine ocenjivanja potrošača. Na svakom ocenjivačkom mestu nalazio se pribor za ocenjivanje, ocenjivački list (Prilog 5), pribor za pisanje, tacna, ubrus, viljuška, čaša sa destilovanom vodom (Slika 3.10a). Uzorci kuvanih taljatela (oko 30 g) distribuirani su u okviru 15 min od trenutka njihovog ispiranja i ceđenja, u plastičnim providnim posudicama sa poklopcem (Slika 3.10c). Potrošači su bili zamoljeni da između ocene dva različita uzorka kuvanih taljatela usta isperu destilovanom vodom.

Tabela 3.6. Shema izbalansiranog nepotpunog blok dizajna za kombinaciju od 7 uzoraka i podskupom od 4 uzorka

| Blok | Uzorci | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Uzorak 1 | Uzorak 2 | Uzorak 3 | Uzorak 4 | Uzorak 5 | Uzorak 6 | Uzorak 7 |
| 1 | X | X | X | | X | | |
| 2 | X | X | X | | | | X |
| 3 | X | X | | X | | X | |
| 4 | X | X | | | | X | X |
| 5 | X | | X | X | X | | |
| 6 | X | | X | X | | X | |
| 7 | X | | | X | X | | X |
| 8 | X | | | | X | X | X |
| 9 | | X | X | X | | | X |
| 10 | | X | X | | X | X | |
| 11 | | X | | X | X | X | |
| 12 | | X | | X | X | | X |
| 13 | | | X | X | | X | X |
| 14 | | | X | | X | X | X |

3.2.5. Statistička obrada podataka

Svi eksperimenti su izvedeni u dovoljnom broju ponavljanja (tri i više), a rezultati su izraženi kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija. Utvrđivanje statističke značajnosti razlika između aritmetičkih sredina sprovedeno je primenom analize varijanse (ANOVA) i Tukey HSD (Honest Significant Difference) testa višestrukih poređenja sa pragom značajnosti 0,05.

Rezultati potrošačkog testa obrađeni su primenom mešovitog modela analize varijanse (Mixed Model ANOVA), pri čemu je uticaj uzorka posmatran kao fiksirani faktor, dok je uticaj potrošača posmatran kao nasumični faktor. Za utvrđivanje razlika u dopadljivosti uzoraka između „neredovnih“ i „redovnih“ potrošača integralnih testenina, korišćena je dvofaktorska analiza varijanse sa *Uzorkom*, *Potrošačem* i njihovom *Interakcijom* kao faktorima, i potrošačkom preferencijom kao zavisnom promenljivom. Izračunate su srednje vrednosti najmanjih kvadrata (LSM – Least Squares Means) i odgovarajuće standardne greške.

Rezultati ankete u okviru potrošačkog testa predstavljaju kategorijske podatke koji su obrađeni primenom tabela kontigencije. Utvrđivanje korelativnih odnosa između ispitivanih pokazatelja izvedeno je na bazi Pearson-ovih koeficijenata korelacije. Za vrednovanje intenziteta prostih korelacija primenjivana je modifikovana skala Šurlan-Momirović i sar. (2005):

0,00 – 0,10 odsutna korelacija,

0,11 – 0,30 slaba korelacija,

0,31 – 0,60 umerena korelacija,

0,61 – 0,90 jaka korelacija,

0,91 – 1,00 potpuna korelacija.

U cilju vizuelizacije korelativnih odnosa između odabranih promenljivih i ispitivanih uzoraka, na matrici Pearson-ovih koeficijenata korelacije sprovedena je analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis – PCA).

Analiza rezultata senzorske ocene sprovedena je primenom XLSTAT programa (Software XLSTAT, version 2012.2.02.). Svi ostali rezultati statistički su obrađeni primenom programa STATISTICA 12.0 StatSoft, Inc. (2013) (<http://www.statsoft.com>).

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. REZULTATI ODREĐIVANJA NUTRITIVNIH I FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA SIROVINA I PROIZVEDENIH TALJATELA

4.1.1. Hemijski sastav

U proizvodnji testenine, osim tradicionalno korišćene durum semoline, sve više su u upotrebi i brašna drugih žita ili pseudožita. Od kvaliteta ovih sirovina u najvećoj meri zavisi i kvalitet proizvedene testenine. Kvalitet sirovina se uglavnom sagledava uvidom u hemijske parametre (sadržaj vlage, sadržaj pepela, sadržaj proteina, sadržaj skroba, sadržaj masti, sadržaj šećera), koji moraju biti u tačno propisanim granicama.

Hemijski sastav sirovina (integralnog pšeničnog brašna, netretiranog i autoklaviranog integralnog heljdinog brašna) korišćenih za proizvodnju taljateLA, kao i proizvedenih taljateLA, koje su bile predmet ispitivanja ove doktorske disertacije, prikazan je u Tabeli 4.1.

Integralna heljdina brašna korišćena u formulaciji za proizvodnju taljateLA sadrže znatno ($P < 0,05$) više pepela i celuloze, sadržaj skroba je gotovo na istom nivou, dok je sadržaj proteina niži u poređenju sa integralnim pšeničnim brašnom, što je u saglasnosti sa rezultatima Bonafaccia i Fabjan (2003c), Qin i sar. (2010) i Wijngaard i Arendt (2006). Sagledavajući uticaj procesa autoklaviranja na hemijski sastav brašna, uočeno je značajno ($P < 0,05$) sniženje sadržaja proteina, skroba i celuloze, kao i neznatno povećanje sadržaja prehrambenih vlakana u hidrotermički tretiranom brašnu u poređenju sa brašnom dobijenim mlevenjem netretiranih zrna heljde. O denaturaciji proteina tokom prženja zrna heljde svedoče i rezultati Fornal i sar. (1981b), dok se smanjenje sadržaja skroba procesom autoklaviranja može objasniti kao posledica želatinizacije skroba izazvane termičkim predtretmanom zrna. Istraživanja su, takođe, pokazala da kombinacija termičke i mehaničke energije može značajno da promeni strukturu prehrambenih vlakana. Naime, Caprez i sar. (1986) su ukazali da termički tretman (kuvanje ili prženje) pšeničnih mekinja doprinosi povećanju sadržaja ukupnih vlakana, što je najverovatnije posledica formiranja kompleksa između vlakana i proteina, koji su otporni na zagrevanje i mogu se kvantifikovati kao vlakna.

Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnom u formulacijama taljatela odrazila se na promene sadržaja gotovo svih ispitivanih nutrijenata. Porast udela netretiranog integralnog heljdinog brašna u formulaciji taljatela doprineo je povećanju sadržaja pepela, proteina i celuloze, dok je sadržaj šećera nešto niži u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Sa druge strane, autoklavirano (tretirano) integralno heljdino brašno ispoljilo je negativan uticaj na sadržaj pomenutih nutrijenata. Takođe, u uzorcima sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom sadržaj šećera je značajno ($P < 0,05$) snižen u poređenju sa sadržajem određenim u svim ostalim uzorcima. Trend smanjenja sadržaja šećera tokom prženja zrna heljde zabeležili su i Fornal i sar. (1981a), objašnjavajući uočeni fenomen kao posledicu formiranja kompleksnih jedinjenja između šećera i proteina. Smanjenje sadržaja šećera u uzorcima sa tretiranim integralnim heljdinim brašnom moglo bi biti i posledica odigravanja reakcije neenzimskog tamnjenja tokom procesa autoklaviranja o čemu svedoče navodi Reisinger i sar. (2013). Ova grupa autora je, ispitujući uticaj temperature i dužine zagrevanja, došla do zaključka da je smanjenje sadržaja glukoze praćeno formiranjem hidroksimetilfurfurala, markera odigravanja Maillard-ove reakcije neenzimskog tamnjenja.

Najviši sadržaj prehrambenih vlakana određen je u kontrolnoj testenini. Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna dovela je do značajnog ($P < 0,05$) smanjenja sadržaja prehrambenih vlakana, dok obogaćivanje formulacije autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom ne doprinosi značajnijim ($P < 0,05$) promenama u njihovom sadržaju. Imajući na umu da se termičkim tretmanom povećava sadržaj nesvarljivog retrogradnog skroba (sa 1 na 4–7%), koji se svrstava u grupu rezistentnih skrobova sa osobinama sličnima prehrambenim vlaknima (Sakač i sar., 2012), moglo bi se pretpostaviti da je povećanje sadržaja ukupnih prehrambenih vlakana u taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom upravo posledica povećanog sadržaja retrogradnog skroba.

Tabela 4.1. Hemijski sastav (g/100 g) brašna korišćenih u formulacijama za taljatele (integralno pšenično – PB, netretirano integralno heljdino brašno – NHB, i autoklavirano integralno heljdino brašno – THB) i nekuvanih taljatele

| <i>Uzorci</i> | <i>Vlaga</i> | <i>Pepeo</i> | <i>Proteini</i> | <i>Skrob</i> | <i>Celuloza</i> | <i>Šećeri</i> | <i>Sirova mast</i> | <i>Prehrambena vlakna</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Integralna brašna</i> | | | | | | | | |
| PB | 11,01 ^a ±0,04 | 1,20 ^a ± 0,01 | 16,91 ^c ± 0,53 | 72,00 ^b ± 0,28 | 0,99 ^a ± 0,19 | 0,00 ± 0,00 | 1,63 ^a ± 1,22 | 12,80 ^a ± 0,64 |
| NHB | 13,85 ^c ±0,10 | 2,65 ^b ± 0,21 | 15,24 ^b ± 0,27 | 71,60 ^b ± 0,40 | 2,30 ^c ± 0,11 | 0,00 ± 0,00 | 3,24 ^b ± 0,77 | 11,40 ^a ± 1,54 |
| THB | 12,12 ^b ±0,09 | 2,38 ^b ± 0,12 | 12,99 ^a ± 0,16 | 69,92 ^a ± 0,11 | 1,89 ^b ± 0,14 | 3,14 ± 0,12 | 3,43 ^b ± 0,54 | 12,26 ^a ± 1,12 |
| <i>Nekuvane taljatele</i> | | | | | | | | |
| Kontrola | 11,96 ^d ±0,00 | 1,46 ^b ± 0,02 | 13,09 ^b ± 1,13 | 74,92 ^c ± 0,98 | 0,50 ^b ± 0,19 | 7,94 ^d ± 1,00 | 0,52 ^a ± 0,65 | 11,08 ^c ± 0,48 |
| 10NT | 10,55 ^a ±0,06 | 1,46 ^b ± 0,07 | 16,98 ^c ± 0,27 | 75,98 ^c ± 1,17 | 0,76 ^c ± 0,08 | 6,20 ^c ± 0,59 | 0,44 ^a ± 0,05 | 9,40 ^a ± 0,14 |
| 20NT | 10,48 ^a ±0,08 | 1,56 ^c ± 0,01 | 16,61 ^c ± 0,41 | 74,69 ^c ± 2,14 | 0,82 ^{cd} ± 0,16 | 6,37 ^c ± 0,87 | 0,41 ^a ± 0,11 | 9,25 ^a ± 0,54 |
| 30NT | 10,77 ^b ±0,12 | 1,63 ^d ± 0,04 | 16,47 ^c ± 0,66 | 73,22 ^c ± 1,52 | 0,99 ^d ± 0,23 | 5,96 ^c ± 0,40 | 0,33 ^a ± 0,03 | 8,47 ^a ± 0,77 |
| 10T | 13,23 ^f ±0,05 | 1,27 ^a ± 0,06 | 11,91 ^a ± 0,53 | 68,25 ^b ± 0,23 | 0,09 ^a ± 0,05 | 2,46 ^a ± 1,45 | 2,47 ^b ± 0,26 | 10,10 ^b ± 0,30 |
| 20T | 12,19 ^e ±0,06 | 1,35 ^{ab} ± 0,13 | 11,85 ^a ± 0,27 | 68,07 ^b ± 0,17 | 0,12 ^a ± 0,06 | 3,40 ^{ab} ± 0,99 | 2,73 ^b ± 0,34 | 10,25 ^{bc} ± 0,44 |
| 30T | 11,79 ^c ±0,06 | 1,41 ^b ± 0,06 | 11,38 ^a ± 0,48 | 66,84 ^a ± 0,85 | 0,14 ^a ± 0,02 | 4,38 ^b ± 1,13 | 2,95 ^b ± 0,13 | 10,54 ^c ± 0,28 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

4.1.2. Spektrofotometrijsko određivanje sadržaja mineralnih materija

Heljda je bolji izvor minerala od većine žitarica. Mineralne materije u heljdi primarno su locirane u ljusci i omotaču zrna, te je njihov sadržaj u mekinjama visok (Bonafaccia i sar., 2003a). Sadržaj mineralnih materija (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu i Mn) određen u integralnom pšeničnom i heljdinom brašnu, u nekuvanim i kuvanim taljatelama, prikazan je u Tabeli 4.2.

Sadržaj minerala u oba integralna heljdina brašna je značajno ($P < 0,05$) viši u poređenju sa integralnim pšeničnim brašnom. Integralno heljdino brašno sadrži više Mg (120–140%), Ca (20–44), Zn (30–38%), Cu (61–71%), Mn (58–112%), Fe (69–74%) i K (42–46%) u odnosu na integralno pšenično brašno. Slične nivoe minerala ustanovili su i Bilgiçli (2009a) i Steadman i sar. (2001a). Poređenje sadržaja ispitivanih minerala u netretiranom i tretiranom heljdinom brašnu ukazuje da je netretirano brašno superiornije u sadržaju Ca, Cu, Mn i K. Slično smanjenje sadržaja minerala usled autoklaviranja leblebije uočili su i Alajaji i El-Adawy (2006).

Proces proizvodnje taljatela doprineo je neznatnom uvećanju sadržaja minerala u odnosu na brašna od kojih su taljatele proizvedene. Ovo uvećanje može biti posledica minerala prisutnih u vodi koja je korišćena za pripremu taljatela. Slična zapažanja navode i Cubadda i sar. (2009), koji uvećanje sadržaja minerala u proizvedenoj testenini objašnjavaju mineralima koji su usvojeni iz vode i/ili potiču od opreme koja je korišćena za njenu proizvodnju.

S obzirom da su oba integralna heljdina brašna značajno ($P < 0,05$) bogatija mineralima u poređenju sa integralnim pšeničnim brašnom, bilo je za očekivati da se sadržaj minerala u taljatelama u kojima je deo pšeničnog brašna supstituisan heljdinim brašnom poveća. Međutim, tek kod taljatela sa višim stepenima supstitucije (20 i 30%) netretiranim integralnim heljdinim brašnom zabeleženo je značajno ($P < 0,05$) povećanje sadržaja pojedinih minerala (Ca, Mg, Zn i Fe).

Zdravstvena dobrobit namirnice može se očekivati samo ukoliko su nutrijenti prisutni u obliku u kom se namirnica konzumira. S obzirom da se testenina pre upotrebe kuva, neophodno je da se gubici mineralnih materija u vodu od kuvanja smanje na najmanju moguću meru. Manthey i Hall (2007) i Nedeljković i sar. (2014) su ustanovili da kuvanje testenina značajno snižava sadržaje K, Cu i Zn. Za razliku od njih, rezultati prikazani u Tabeli 4.2 svedoče samo o sniženju sadržaja K za oko 50% u svim ispitivanim taljatelama, dok su se u kuvanim taljatelama sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna sadržaji Zn, Fe i Ca uvećali za oko 11%, 10% i 16%, redom, dok je porast navedenih minerala u kuvanim taljatelama sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna iznosio oko 19%, 6% i 4%, respektivno.

Tabela 4.2. Sadržaj (mg/100 g s.m.) mineralnih materija u brašnima, nekuvanim i kuvanim taljatelama (Jambrec i sar., 2016)

| <i>Uzorci</i> | <i>Ca</i> | <i>Mg</i> | <i>Zn</i> | <i>Cu</i> | <i>Mn</i> | <i>Fe</i> | <i>K</i> | <i>Na</i> |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Integralna brašna</i> | | | | | | | | |
| PB | 26,68 ^a ± 1,73 | 96,46 ^a ± 4,70 | 1,88 ^a ± 0,10 | 0,38 ^a ± 0,00 | 2,24 ^a ± 0,17 | 4,76 ^a ± 0,02 | 257,7 ^a ± 1,43 | 11,97 ^a ± 1,88 |
| NHB | 38,43 ^c ± 0,61 | 233,0 ^b ± 6,32 | 2,60 ^b ± 0,00 | 0,65 ^c ± 0,00 | 4,76 ^c ± 0,06 | 8,30 ^b ± 0,12 | 401,1 ^c ± 3,12 | 7,09 ^a ± 0,24 |
| THB | 31,90 ^b ± 0,39 | 214,8 ^b ± 11,25 | 2,44 ^b ± 0,13 | 0,61 ^b ± 0,00 | 3,53 ^b ± 0,24 | 8,04 ^b ± 0,05 | 365,7 ^b ± 5,23 | 11,89 ^a ± 1,75 |
| <i>Nekuvane taljatele</i> | | | | | | | | |
| Kontrola | 31,21 ^{ab} ± 0,92 | 109,7 ^{ab} ± 0,84 | 2,07 ^a ± 0,03 | 0,44 ^{abc} ± 0,03 | 2,54 ^{ab} ± 0,11 | 6,04 ^{ab} ± 0,16 | 274,4 ^{ab} ± 4,74 | 11,10 ^d ± 1,24 |
| 10NT | 29,41 ^a ± 1,12 | 112,2 ^{bcd} ± 3,63 | 2,37 ^{bcd} ± 0,05 | 0,44 ^{abc} ± 0,03 | 2,52 ^{ab} ± 0,15 | 6,41 ^{bc} ± 0,02 | 259,8 ^a ± 10,43 | 3,68 ^a ± 0,69 |
| 20NT | 33,55 ^{bc} ± 2,10 | 127,4 ^f ± 1,82 | 2,41 ^{cde} ± 0,03 | 0,47 ^{abc} ± 0,02 | 3,14 ^c ± 0,06 | 9,00 ^d ± 0,17 | 273,7 ^{ab} ± 0,39 | 5,57 ^{ab} ± 0,44 |
| 30NT | 37,01 ^d ± 0,15 | 122,1 ^{ef} ± 1,74 | 2,36 ^{bc} ± 0,07 | 0,48 ^{bc} ± 0,03 | 2,84 ^{bc} ± 0,13 | 10,42 ^e ± 0,10 | 276,9 ^{ab} ± 5,15 | 8,26 ^c ± 0,24 |
| 10T | 31,8 ^{ab} ± 0,21 | 109,8 ^{abc} ± 0,85 | 1,99 ^a ± 0,10 | 0,42 ^{abc} ± 0,00 | 2,41 ^a ± 0,10 | 5,63 ^a ± 0,13 | 282,9 ^b ± 3,26 | 6,03 ^{abc} ± 0,12 |
| 20T | 30,84 ^{ab} ± 0,17 | 117,4 ^{cde} ± 0,32 | 2,06 ^a ± 0,02 | 0,44 ^{abc} ± 0,00 | 2,60 ^{ab} ± 0,04 | 5,87 ^{ab} ± 0,39 | 275,7 ^{ab} ± 0,64 | 11,05 ^d ± 0,19 |
| 30T | 30,72 ^{ab} ± 0,25 | 126,4 ^f ± 3,37 | 2,04 ^a ± 0,02 | 0,47 ^{abc} ± 0,01 | 2,52 ^{ab} ± 0,12 | 5,75 ^{ab} ± 0,11 | 283,0 ^b ± 6,17 | 7,36 ^{bc} ± 0,54 |
| <i>Kuvane taljatele</i> | | | | | | | | |
| Kontrola | 35,09 ^b ± 1,00 | 103,9 ^a ± 1,79 | 2,23 ^{ab} ± 0,09 | 0,34 ^a ± 0,11 | 2,63 ^{ab} ± 0,14 | 6,15 ^a ± 0,05 | 144,0 ^b ± 0,23 | 6,47 ^c ± 0,36 |
| 10NT | 36,18 ^b ± 0,09 | 118,2 ^{de} ± 1,89 | 2,64 ^c ± 1,00 | 0,44 ^{abc} ± 0,02 | 2,82 ^{bc} ± 0,09 | 6,90 ^b ± 0,07 | 135,8 ^a ± 2,34 | 3,60 ^a ± 0,13 |
| 20NT | 36,46 ^b ± 0,38 | 126,8 ^f ± 0,08 | 2,51 ^{bc} ± 0,00 | 0,56 ^c ± 0,06 | 3,08 ^{cd} ± 0,06 | 8,80 ^c ± 0,16 | 134,8 ^a ± 0,54 | 4,46 ^{ab} ± 0,20 |
| 30NT | 36,20 ^b ± 0,39 | 135,8 ^f ± 1,14 | 2,78 ^c ± 0,06 | 0,48 ^{abc} ± 0,03 | 3,27 ^d ± 0,02 | 11,69 ^d ± 0,37 | 130,0 ^a ± 2,42 | 8,86 ^d ± 0,39 |
| 10T | 31,88 ^a ± 0,12 | 104,0 ^a ± 1,75 | 2,68 ^c ± 0,00 | 0,43 ^{abc} ± 0,03 | 2,46 ^a ± 0,12 | 5,88 ^a ± 0,02 | 133,4 ^a ± 1,13 | 4,83 ^a ± 0,17 |
| 20T | 31,72 ^a ± 0,03 | 116,5 ^{bcd} ± 0,53 | 2,06 ^a ± 0,08 | 0,40 ^{ab} ± 0,00 | 2,56 ^{ab} ± 0,04 | 6,15 ^a ± 0,10 | 150,4 ^b ± 1,74 | 3,79 ^b ± 0,09 |
| 30T | 31,89 ^a ± 0,74 | 127,2 ^g ± 2,89 | 2,13 ^a ± 0,15 | 0,45 ^{abc} ± 0,00 | 2,75 ^{abc} ± 0,03 | 6,21 ^{ab} ± 0,21 | 162,0 ^c ± 2,34 | 8,44 ^d ± 0,28 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Gubitak K tokom kuvanja taljatelama može se objasniti smanjenjem sadržaja u vodi rastvornih albumina tokom kuvanja (Manthey i Hall, 2007). Povećanje sadržaja Ca, koje je zabeleženo u nekim istraživanjima (Cubadda i sar., 2009), je posledica kuvanja testenine u česmenskoj vodi sa ili bez dodate soli. Međutim, u prikazanom eksperimentu, taljatele su kuvane u destilovanoj vodi bez dodatka soli, tako da povećanje sadržaja Ca u taljatelama može biti posledica izlučivanja skroba i rastvornih proteina, što je izazvalo promene u osnovnom sastavu kuvanih taljatelama (Steadman i sar., 2001a).

Sagledavajući rezultate za sadržaj mineralnih materija u taljatelama, može se zaključiti da je obogaćivanje formulacije integralnim heljdinim brašnima opravdano samo u slučaju obogaćivanja netretiranim integralnim heljdinim brašnom. Naime, kuvane taljatele sa različitim udelom ovog brašna imaju značajno viši sadržaj Mg, Zn, Mn i Fe u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Nasuprot tome, sadržaj minerala u kuvanim taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, bez obzira na stepen supstitucije, na nivou je kontrolnog uzorka, što ukazuje da autoklaviranje, kao način predpripreme zrna heljde, nije opravdan ukoliko se teži obogaćivanju mineralnog profila taljatelama.

4.1.3. Spektrofotometrijsko određivanje sadržaja fitinske kiseline

Uprkos činjenici da istraživanja ukazuju na brojna pozitivna dejstva fitinske kiseline [antikancerogeno delovanje (Shamsuddin, 2002), antioksidativna aktivnost (Raboy, 2003), regulisanje oslobađanja insulina (Barker i Berggren, 1999), supresija razvoja kamena u bubregu (Selvam, 2002), supresija razvoja kardiovaskularnih bolesti (Onomi i sar., 2004)], ovo jedinjenje se prvenstveno smatra antinutrijentom, zbog svoje sposobnosti da formira stabilne kompleksne soli sa katjonima, kao što su Ca, Mg, Zn, Cu, Fe i K (Kumar i sar., 2010), koje u tom obliku ljudi i životinje ne mogu da prerade, zbog nedostatka enzima fitaze u gastrointestinalnom traktu, usled čega se smanjuje bioraspoloživost minerala iz hrane. Takođe, fitinska kiselina formira kompleksna jedinjenja sa proteinima, što dovodi do njihove smanjene svarljivosti i smanjene enzimske aktivnosti (Kumar i sar., 2010).

Određivanje sadržaja fitinske kiseline u brašnima i taljatelama kreiranim u okviru ove doktorske disertacije sprovedeno je u cilju utvrđivanja uticaja tretmana heljdinog brašna na sadržaj fitinske kiseline s jedne strane i utvrđivanje njenog sadržaja u kuvanim i nekuvanim taljatelama, s druge strane. Sadržaj fitinske kiseline u integralnom pšeničnom i heljdinom brašnu, u nekuvanim i kuvanim taljatelama, određen po metodi Haug-a i Lantzsch-a (1983), prikazan je u Tabelama 4.3 i 4.4.

Oba integralna heljdina brašna imaju značajno ($P < 0,05$) niži sadržaj fitinske kiseline u poređenju sa integralnim pšeničnim brašnom. Bilgiçli (2009b) je u svom radu objavila rezultate koji su u suprotnosti sa prikazanim, ali poredivši sadržaj fitinske kiseline u

belom pšeničnom brašnu i integralnom heljdinom brašnu koje nije sadržalo delove ljuske. Za razliku od uzoraka koje je pomenuti autor ispitivao, uzorci koji su ispitivani u ovoj doktorskoj disertaciji u osnovi sadrže integralno pšenično brašno za koje je poznato da poseduje viši sadržaj fitinske kiseline zbog prisutnih mekinja (Bilgiçli i sar. 2006; García-Esteba i sar., 1999; Tavajjoh i sar., 2011).

Tabela 4.3. Sadržaj (mg/100 g s.m.) fitinske kiseline u brašnima korišćenim u formulacijama za taljatele (Jambrec i sar., 2016)

| <i>Uzorci brašna</i> | <i>Sadržaj fitinske kiseline</i> |
|----------------------|----------------------------------|
| PB | 415,9 ^b ± 13,0 |
| NHB | 310,5 ^a ± 16,9 |
| THB | 300,6 ^a ± 10,7 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Sagledavajući rezultate, ispitivana brašna bi se mogla svrstati u brašna sa niskim sadržajem fitinske kiseline. Sadržaj fitinske kiseline koji je određen u integralnom pšeničnom brašnu je uporediv sa rezultatima objavljenim u radu Febles i sar (2002). Ova grupa autora je analizirala integralna pšenična brašna dobijena mlevenjem preko 100 različitih sorti pšenice i utvrdila je da je u oko 9% uzoraka identifikovan nizak sadržaj fitinske kiseline (400–600 mg/100 g), dok je u oko 33% uzoraka sadržaj fitinske kiseline bio umereno visok (600–800 mg/100 g). Međutim, brojni su rezultati koji ukazuju da integralno pšenično brašno poseduje daleko viši sadržaj fitinske kiseline [960–2200 mg/100 g (García-Esteba i sar., 1999); 4491 mg/100 g (Frontela i sar., 2011)] od onog koji je izmeren u uzorku integralnog pšeničnog brašna korišćenog u prikazanom eksperimentu. Sa druge strane, sadržaj fitinske kiseline određen u oba integralna heljdina brašna je niži u poređenju sa rezultatima u drugim literaturnim navodima [(920–1620 mg/100 g (Greiner i Konietzny, 2006); 1000 mg/100 g (Egli i sar., 2003); 1565 mg/100 g (Bilgiçli, 2009a)]. Razlike u rezultatima mogu biti posledica upotrebe različitih ekstrakcionih sistema i analitičkih metoda za određivanje sadržaja fitinske kiseline, ali i upotrebe različitih frakcija mlevenja zrna, kao i primenjenih postupaka mlevenja zrna za dobijanje brašna (Steadman i sar., 2001a). Steadman i sar. (2001a) su ukazali da heljdino brašno dobijeno mlevenjem celog zrna zajedno sa ljuskom poseduje viši sadržaj fitinske kiseline (694 mg/100 g) od brašna dobijenog mlevenjem prethodno oljuštenog zrna heljde (194 do 380 mg/100 g). Međutim, pomenuti autori su dobili potpuno suprotne rezultate prilikom analiziranja sadržaja fitinske kiseline u mekinjama. Naime, mekinje koje su dobijene nakon mlevenja celog zrna heljde sa kojeg je prethodno uklonjena ljuska imaju viši sadržaj fitinske kiseline (od 3487 do 3833 mg/100 g) od mekinja koje su dobijene mlevenjem zrna sa ljuskom (2687 do 3807 mg/100 g). Pored svega do sada navedenog, na različit sadržaj fitinske kiseline u brašnima mogu uticati i sorta, vrsta zemljišta na kome je kultura gajena, upotreba đubriva, promene u životnoj sredini, veličina čestica brašna i drugo (García-Esteba i sar., 1999; Steadman i sar., 2001a).

Nadalje, na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da proizvodnja taljatela, koja podrazumeva ekstrudiranje i sušenje, nema uticaja na sadržaj fitinske kiseline u svim ispitivanim taljatelama, osim u kontrolnom uzorku, koga odlikuje značajno ($P < 0,05$) najniži sadržaj fitinske kiseline (Tabela 4.4). Taljatele koje sadrže različite udele autoklaviranog integralnog heljdnog brašna imaju nešto niži sadržaj fitinske kiseline (6–28%) u poređenju sa taljatelama koje sadrže različite udele netretiranog integralnog heljdnog brašna. Ovi rezultati ukazuju da tokom autoklaviranja može doći do hidrolize fitata pod dejstvom fitaza, enzima odgovornih za razgradnju fitata tokom varenja hrane u gastrointestinalnom traktu. Naime, fitaze nisu aktivne u suvom zrnu, ali tokom autoklaviranja zrna se pare i povećava im se vlaga, što pogoduje aktivaciji fitaza koja vodi snižavanju sadržaja fitinske kiseline (Ma i Shan, 2002). Redukciju sadržaja fitata nakon autoklaviranja primetili su i Avanza i sar (2013), Demir i Elgun (2014), Ertas (2015) i Shimelis i Rakshit (2007). Nadalje, redukcija sadržaja fitata može biti i posledica formiranja kompleksa fitinske kiseline i proteina (Kumar i sar., 2010), čemu ide u prilog činjenica o redukciji sadržaja proteina tokom autoklaviranja (Tabela 4.1). Iako neki autori smatraju da se fitaze inaktiviraju na temperaturama iznad 80 °C, dobijeni rezultati u saglasnosti su sa rezultatima Ma i Shan (2002), koji su utvrdili da se aktivnost fitaza ne smanjuje za više od oko 13,6% na temperaturi od 100 °C tokom jednog sata.

Tabela 4.4. Sadržaj (mg/100 g s.m.) fitinske kiseline u nekuvanim i kuvanim taljatelama (Jambrec i sar., 2016)

| <i>Uzorci</i> | <i>Sadržaj fitinske kiseline</i> | <i>Uzorci</i> | <i>Sadržaj fitinske kiseline</i> |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| <i>Nekuvane taljatele</i> | | <i>Kuvane taljatele</i> | |
| Kontrola | 349,8 ^a ± 20,1 | Kontrola | 430,3 ^{abc} ± 15,5 |
| 10NT | 457,7 ^b ± 8,40 | 10NT | 472,8 ^{bc} ± 26,8 |
| 20NT | 378,3 ^a ± 10,5 | 20NT | 464,7 ^{bc} ± 9,20 |
| 30NT | 361,4 ^a ± 10,1 | 30NT | 431,2 ^{abc} ± 25,5 |
| 10T | 331,5 ^a ± 9,10 | 10T | 398,3 ^a ± 8,40 |
| 20T | 331,8 ^a ± 26,8 | 20T | 393,2 ^a ± 4,40 |
| 30T | 340,6 ^a ± 13,0 | 30T | 411,4 ^{ab} ± 31,5 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Tokom kuvanja taljatela registrovano je relativno malo povećanje sadržaja fitinske kiseline i to u uzorcima taljatela sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdnog brašna u opsegu 19,3–23% i u taljatelama sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdnog brašna u opsegu 15,5–21%. Poredeći uzorke taljatela sa različitim heljdnim brašnom, može se zaključiti da autoklaviranje celih zrna heljde doprinosi smanjenju sadržaja fitinske kiseline u uzorcima taljatela sa ovim brašnom za oko 5–16% (Tabela 4.4). Zapaženo povećanje sadržaja fitinske kiseline koje nastaje tokom kuvanja taljatela može biti posledica izlučivanja materija u vodu od kuvanja, pre svih skroba i

proteina (Rayas-Duarte i sar., 1996), usled čega dolazi do uspostavljanja drugačijeg odnosa među komponentama.

4.1.4. Spektrofotometrijsko određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola

Korišćena Singletonova metoda za određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola zasniva se na redukcionoj sposobnosti fenolnih hidroksilnih grupa. Budući da metoda nije veoma specifična, njenom primenom se sa različitom osetljivošću detektuju svi rastvorljivi polifenoli. Rezultati spektrofotometrijskog određivanja sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola u etanolnim ekstraktima sirovina (integralno pšenično brašno, netretirano integralno heljdino brašno i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanim i kuvanim taljateljama prikazani su u Tabeli 4.5. i na Slici 4.1. Dobijeni rezultati su izraženi na masu polaznog uzorka.

4.1.4.1. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u brašnima

Statistički značajne razlike ($P < 0,05$) u sadržaju ukupnih rastvorljivih polifenola su utvrđene kod integralnog pšeničnog i oba integralna heljdina brašna (Tabela 4.5).

Tabela 4.5. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola (mg GAE/g s.m. brašna) u sirovinama korišćenim za proizvodnju taljatelja

| Uzorci brašna | Ukupni rastvorljivi polifenoli |
|---------------|--------------------------------|
| PB | 0,86 ^c ± 0,01 |
| NHB | 1,53 ^a ± 0,00 |
| THB | 1,33 ^b ± 0,01 |

Vrednosti označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Integralno pšenično brašno imalo je najniži sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola, i to za oko 44% niži u poređenju sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom i za oko 35% niži u poređenju sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom. Dobijeni rezultati za sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola su uporedivi sa rezultatima Abozed i sar. (2014), koji su dobili vrednosti za različite sorte integralnog pšeničnog brašna u opsegu od 1,12 do 1,21 mg/g uzorka, kao i sa rezultatima Alvarez-Jubete i sar. (2010) i Clopicka i sar. (2012), koji su dobili nešto niže vrednosti (0,53 mg GAE/g i 0,70 mg/g uzorka, redom), ali ispitujući belo pšenično brašno, koje je poznato po nižem sadržaju ukupnih rastvorljivih polifenola u odnosu na integralno (Sedej, 2011).

Proces autoklaviranja zrna heljde doprineo je da se sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u dobijenom heljdinom brašnu značajno smanji ($P < 0,05$), za oko 13%, u

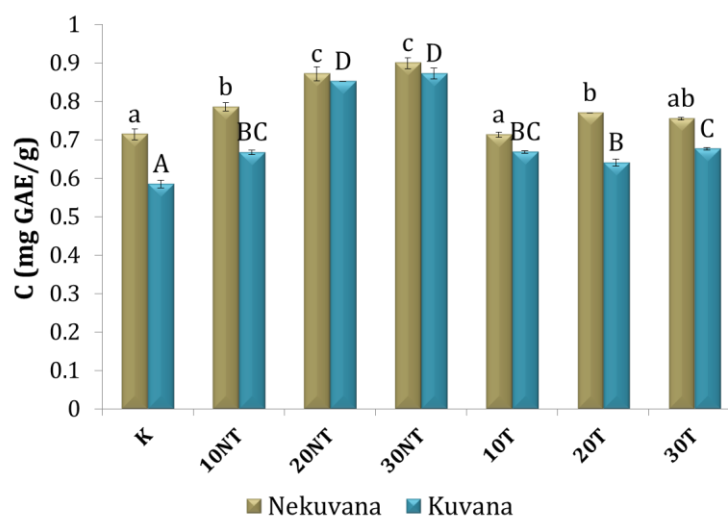
poređenju sa brašnom dobijenim mlevenjem običnih, netretiranih zrna heljde. Uticaj različitih termičkih tretmana na sadržaj polifenola u heljdinom brašnu bio je predmet brojnih istraživanja (Sensoy i sar., 2006; Sun i Ho, 2005; Zieliński i sar., 2006). Zhang i sar. (2010) su upoređujući uticaj tri termička procesa, prženja, zagrevanja pod pritiskom u prisustvu pare (u autoklavu) i zagrevanja mikrotalasima, došli do zaključka da sva tri procesa izazivaju smanjenje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola, pri čemu je uticaj istovremenog delovanja temperature, pritiska i pare imao najizraženiji uticaj. Ovi istraživači su, takođe, zabeležili smanjenje od oko 13% u sadržaju ukupnih rastvorljivih polifenola u heljdinom brašnu, koje je bilo 40 min pod pritiskom od 0,2 MPa. Oni sniženje u sadržaju ukupnih rastvorljivih polifenola objašnjavaju razlaganjem polifenola pod navedenim uslovima.

4.1.4.2. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u nekuvanim taljatelama

Mešanje sirovina sa vodom i ekstrudiranje u taljatele uticalo je da sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u svim ispitivanim taljatelama bude manji od očekivanog, s obzirom na sadržaj istih u brašnima od kojih su taljatele napravljene. Proces proizvodnje taljatele uticao je da se sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola smanji u rasponu od 11 do 22% (Slika 4.1). U taljatelama u kojima je supstituent bilo netretirano integralno heljdino brašno zabeleženi su najmanji gubici, dok je supstitucija autoklaviranim heljdinim brašnom povećala te gubitke na preko 20%. Postoje brojna istraživanja koja su se bavila ispitivanjem uticaja procesa proizvodnje poredeći sadržaj polifenola u sirovinama i gotovim proizvodima (Dietrych-Szostak i Oleszek, 1999; Kreft i sar., 2006; Lin i sar., 2009; Sedej i sar., 2011). Vogrinčić i sar. (2010) su zabeležili značajno ($P < 0,05$) smanjenje sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola tokom proizvodnje hleba od heljdinog brašna. Do sličnih rezultata došli su i Alvarez-Jubete i sar. (2010). Biney i Beta (2014) su, takođe, zabeležili pad u sadržaju ukupnih rastvorljivih polifenola tokom proizvodnje špageta koje su sadržale od 20 do 30% heljdinog brašna, mekinja i njihovih mešavina.

Supstitucija integralnog pšeničnog brašna sa obe vrste integralnog heljdinog brašna doprinela je značajnom ($P < 0,05$) povećanju sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola, pri čemu se sa povećanjem stepena supstitucije povećavao i njihov sadržaj. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola kretao se u opsegu od 0,72 do 0,78 mg GAE/g s.m. uzorka za taljatele sa autoklaviranim heljdinim brašnom i u opsegu od 0,79 do 0,91 mg GAE/g s.m. uzorka za taljatele sa netretiranim heljdinim brašnom. Isti trend povećanja sadržaja polifenola pri povećanju sadržaja heljdinog brašna u formulacijama špageta ustanovili su i Biney i Beta (2014), koji su primetili da se sadržaj ukupnih polifenola sa 2,10 mg GAE/g za uzorak sa 20% povećao na 2,72 mg GAE/g za uzorak sa 30% heljdinog brašna, i sa 4,77 mg GAE/g za uzorak sa 20% mekinja heljde na 6,51 mg GAE/g za uzorak sa 30% mekinja heljde.

Poredeći sadržaje ukupnih rastvorljivih polifenola taljatelata sa netretiranim i autoklaviranim heljdinim brašnom, uočava se, kao i kod brašna, niži sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u taljateljama sa autoklaviranim heljdinim brašnom.



Slika 4.1. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola (mg GAE/g s.m. uzorka) u taljateljama pre i nakon kuvanja

Stubići označeni različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

4.1.4.3. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u kuvanim taljateljama

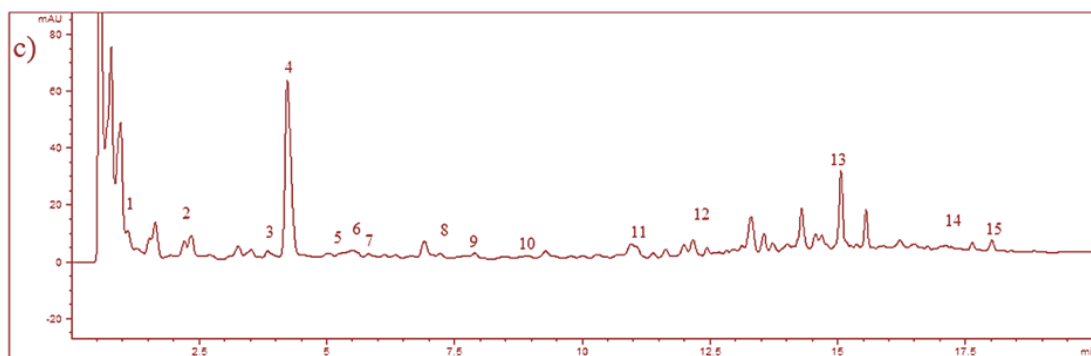
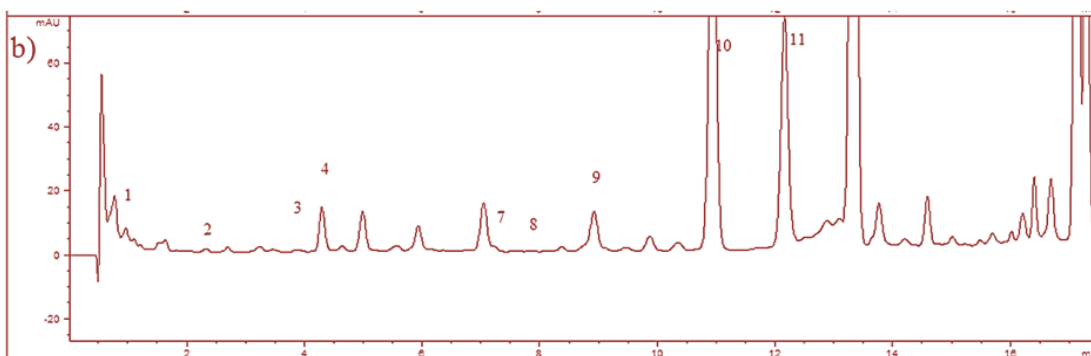
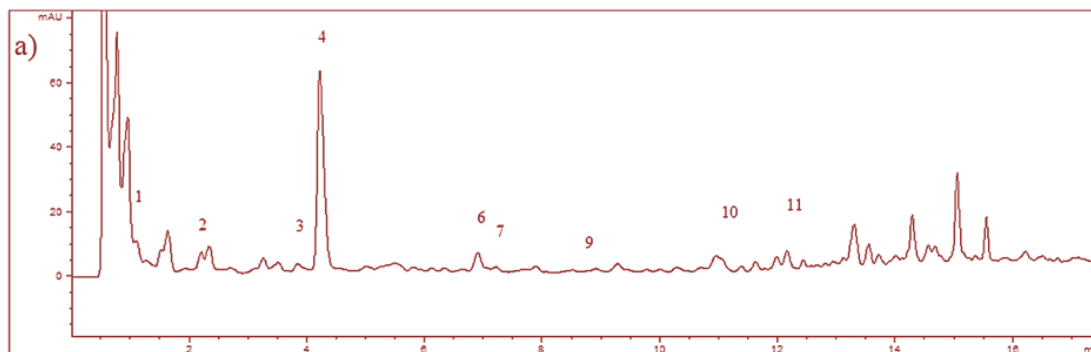
Kuvanje taljatelata dovelo je do sniženja sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola u odnosu na nekuvane taljatele (Slika 4.1). Najveći gubici u sadržaju istih zabeleženi su kod kontrolnog uzorka (pad od oko 19%), kod taljatelata sa najnižim udelom netretiranog heljdinog brašna (oko 16%) i kod taljatelata sa 20% i 30% autoklaviranog heljdinog brašna (oko 13%). Veći gubici polifenola u uzorcima taljatelata sa autoklaviranim heljdinim brašnom koreliraju sa većim gubicima materija koji su zabeleženi tokom kuvanja ovih testenina (Tabela 4.16). Mnogo veće gubitke, u opsegu od 33% do 39,5%, zabeležili su Biney i Beta (2014) tokom kuvanja špageta koje su sadržale 30% mekinja heljde i smešu od po 10% mekinja i integralnog heljdinog brašna, redom.

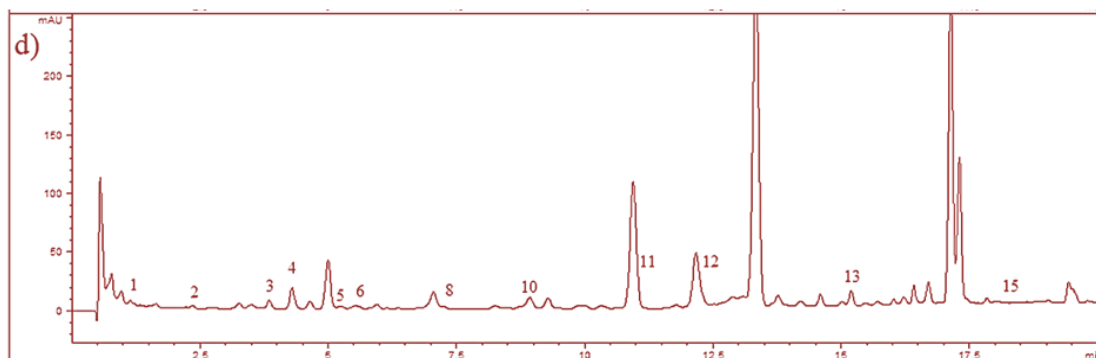
4.1.5. HPLC analiza sadržaja polifenolnih jedinjenja

U okviru doktorske disertacije, u svim ispitivanim brašnima (integralno pšenično brašno, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno) i uzorcima taljatelata identifikovano je i kvantifikovano petnaest polifenolnih jedinjenja (Slika 4.2).

Identifikovana jedinjenja se mogu podeliti na derivate hidroksibenzoeve kiseline (galna kiselina–GA, protokatehinska kiselina–PCA, *p*-hidroksibenzoeva kiselina–*p*-OH-BA, vanilinska kiselina–VA i siringinska kiselina–SRA), derivate cimetne kiseline (*p*-

kumarinska kiselina-*p*-COA, ferulna kiselina-FA, kafena kiselina-CFA, sinapinska kiselina-SIA, hlorogenska kiselina-CHA i cimetna kiselina-CA) i flavonoide (flavonoli: rutin-RU i kvercetin-QU; flavan-3-oli: katehin-CAT i epikatehin-ECAT). S obzirom da je koncentracija kafene kiseline bila na granici detekcije, nije uzeta u dalja razmatranja.





Slika 4.2. HPLC hromatogram taljatele na 280 nm: a) kontrolni uzorak – polifenolna jedinjenja u slobodnom obliku; b) kontrolni uzorak – polifenolna jedinjenja u vezanom obliku; c) taljatele sa 30% autoklaviranog integralnog heljdnog brašna (30T) – polifenolna jedinjenja u slobodnom obliku; d) 30T – polifenolna jedinjenja u vezanom obliku

1. galna kiselina, 2. protokatehinska kiselina, 3. p-hidroksibenzoeva kiselina, 4. katehin, 5. kafena kiselina, 6. vanilinska kiselina, 7. hlorogenska kiselina, 8. siringinska kiselina, 9. epikatehin, 10. p-kumarinska kiselina, 11. ferulna kiselina, 12. sinapinska kiselina, 13. rutin, 14. cimetna kiselina, 15. kvercetin

4.1.5.1. Sadržaj polifenolnih jedinjenja u brašnima

Sadržaj polifenolnih jedinjenja (fenolnih kiselina i flavonoida) određen u brašnima (integralno pšenično i integralno heljdino brašno) prikazan je u Tabeli 4.6. Rezultati su prikazani kao zbirni sadržaj svih identifikovanih fenolnih kiselina i flavonoida u slobodnom i vezanom obliku.

Tabela 4.6. Sadržaj ukupnih fenolnih kiselina i flavonoida (mg/kg s.m.) u slobodnom i vezanom obliku u integralnom pšeničnom brašnu i netretiranom i autoklaviranom integralnom heljdnom brašnu (Jambrec i sar., 2015a)

| Uzorci | Fenolne kiseline | | Flavonoidi | | Ukupno |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| | Slobodni | Vezani | Slobodni | Vezani | |
| PB | 9,420 ^a ±0,59 | 75,54 ^c ±2,00 | 62,29 ^a ±8,82 | 11,69 ^a ±4,06 | 158,9 |
| NHB | 107,6 ^c ±4,12 | 50,15 ^a ±2,04 | 185,1 ^b ±5,16 | 53,61 ^b ±3,11 | 396,5 |
| THB | 69,15 ^b ±1,81 | 56,54 ^b ±0,05 | 198,6 ^c ±2,79 | 64,32 ^c ±1,31 | 388,6 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

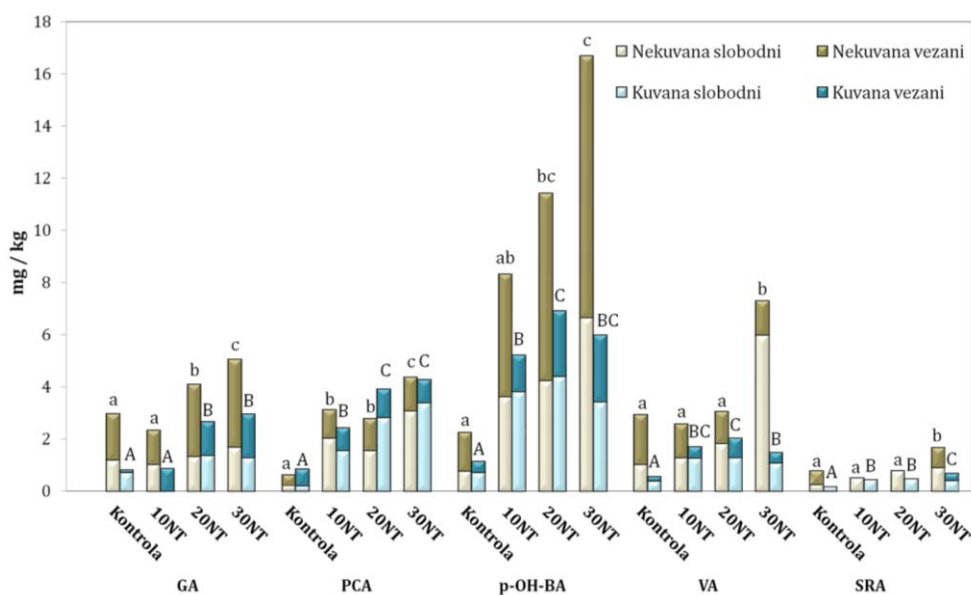
Ukupan sadržaj polifenolnih jedinjenja u brašnima značajno ($P < 0,05$) se razlikuje, kreće se u opsegu od 158,9 mg/kg s.m. u integralnom pšeničnom brašnu do 396,5 mg/kg s.m. u netretiranom integralnom heljdnom brašnu. Utvrđeno je da se fenolne kiseline u integralnom pšeničnom brašnu uglavnom nalaze u vezanom obliku (oko 89%), za razliku od netretiranog integralnog heljdnog brašna u kojem su fenolne kiseline više zastupljene u slobodnom obliku (oko 68%). Ovakav trend zabeležili su u svom istraživanju i Guo i sar. (2012), koji su, ispitujući sadržaj slobodnih i vezanih polifenola u

frakcijama mlevenja heljde, zabeležili da se u svakoj frakciji mlevenja nalazi od 4 do 51 puta više polifenola u slobodnom obliku.

Međutim, proces autoklaviranja uticao je na smanjenje sadržaja fenolnih kiselina u slobodnom i povećanje sadržaja u vezanom obliku, usled čega je njihov odnos u autoklaviranom integralnom heljdinom brašnu bio gotovo izjednačen (55:45 slobodna u odnosu na vezanu frakciju). Nadalje, iako je usled autoklaviranja došlo do povećanja sadržaja flavonoida, zabeležena je redukcija sadržaja rutina (168,9 mg/kg s.m. u NHB i 106,0 mg/kg s.m. u THB) praćena povećanjem sadržaja kvercetina.

4.1.5.2. Sadržaj polifenolnih jedinjenja u nekuvanim taljatelama

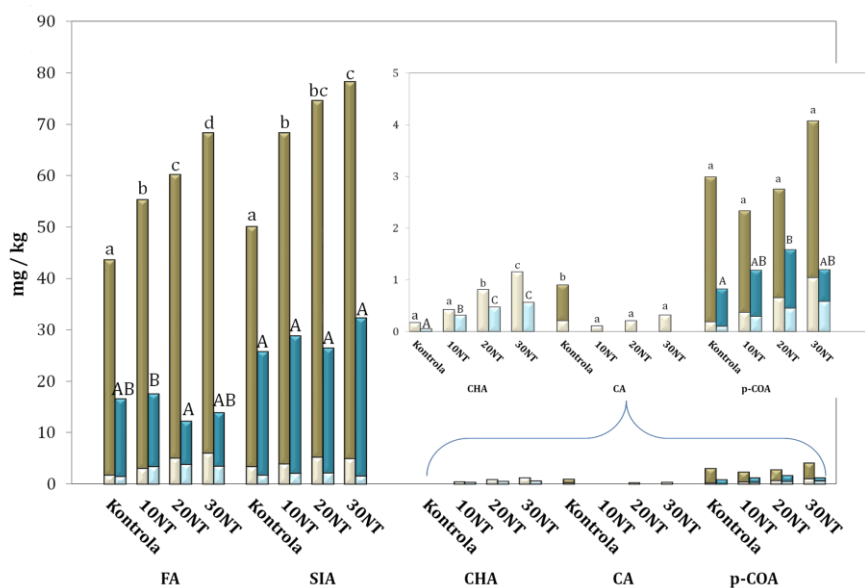
Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnima, uopšteno gledano, doprinela je značajnom ($P < 0,05$) povećanju sadržaja fenolnih kiselina u proizvedenim taljatelama (Slike 4.3, 4.4, 4.5 i 4.6). Najzastupljenije fenolne kiseline u uzorcima taljatela sa različitim udelima integralnih heljdinih brašna su ferulna i sinapinska kiselina, obe u vezanom obliku. One su zastupljene u udelima od 48 do 57%, redom, u uzorcima taljatela sa NHB i u udelu od 44 do 47%, redom, u uzorcima taljatela sa THB u odnosu na ukupni sadržaj svih identifikovanih fenolnih kiselina i njihov sadržaj u ovim taljatelama je značajno ($P < 0,05$) viši u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Nadalje, rezultati upućuju da proces proizvodnje taljatela (mešanje brašna sa vodom, ekstrudiranje i sušenje) doprinosi povećanju sadržaja ferulne kiseline, s obzirom da proizvedene taljatele imaju viši sadržaj ferulne kiseline od očekivanog na osnovu njenog sadržaja u brašnima korišćenim za proizvodnju (očekivano 52,16 mg/kg s.m., 56,96 mg/kg s.m., i 62,76 mg/kg s.m., izmereno 55,25 mg/kg s.m., 60,12 mg/kg s.m. i 68,24 mg/kg s.m., za uzorke sa 10 do 30% NHB, redom). Proces autoklaviranja doprineo je dodatnom uvećanju sadržaja ove kiseline (očekivano 51,84 mg/kg s.m., 56,32 mg/kg s.m., i 60,80 mg/kg s.m., izmereno 61,17 mg/kg s.m., 67,73 mg/kg s.m. i 75,20 mg/kg s.m., za uzorke sa 10 do 30% THB, redom), što se može objasniti raskidanjem kovalentnih veza između kiseline i mono- i disaharida. Ovo tumačenje se može potkrepiti rezultatima za sadržaj saharoze u uzorcima taljatela. Naime, sadržaj saharoze u taljatelama sa THB bio je gotovo dva puta viši nakon autoklaviranja (od 14,46 mg/g s.m. do 18,71 mg/g s.m. za taljatele sa NHB i od 22,97 mg/g s.m. do 36,21 mg/g s.m. za taljatele sa THB; Tabela 4.9). Bringelsson i sar. (2002) su zabeležili sličan obrazac ponašanja ferulne kiseline tokom autoklaviranja ovsa, dok su Zieliński i sar. (2006) zapazili neznatno povećanje ferulne kiseline tokom ekstruzionog kuvanja zrna heljde.



Slika 4.3. Sadržaj fenolnih kiselina derivata hidroksibenzojeve kiseline u nekuvanim i kuvanim taljatelama sa integralnim pšeničnim brašnom (kontrola) i različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna (10, 20 i 30NT) (Jambrec i sar., 2015a)

Stubići označeni različitim malim i velikim slovima ukazuju na statistički značajnu ($P < 0,05$) razliku između uzoraka nekuvanih i kuvanih taljatela, po redu

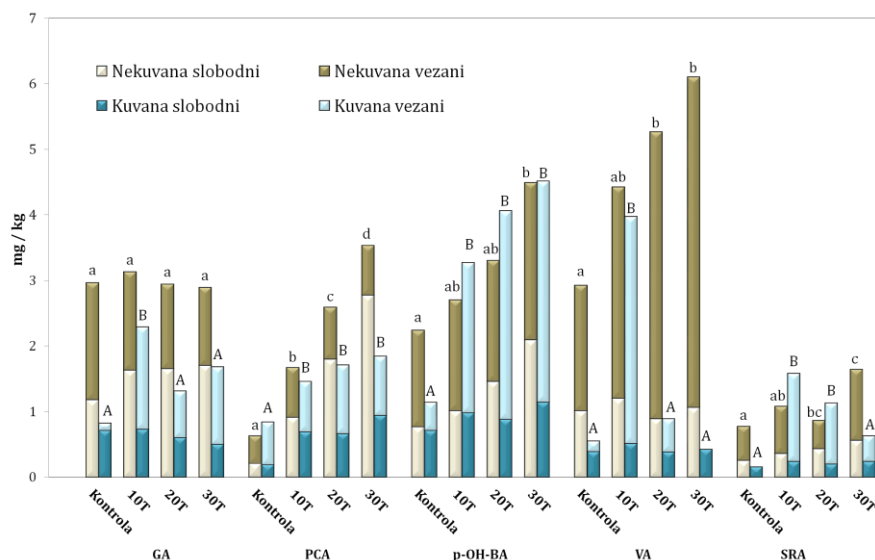
GA–galna kiselina, PCA–protokatehinska kiselina, p-OH-BA–p-hidroksi benzojeva kiselina, VA–vanilinska kiselina, SRA–siringinska kiselina



Slika 4.4. Sadržaj fenolnih kiselina derivata cimetne kiseline u nekuvanim i kuvanim taljatelama sa pšeničnim brašnom (kontrola) i različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna (10, 20 i 30NT) (Jambrec i sar., 2015a)

Stubići označeni različitim malim i velikim slovima ukazuju na statistički značajnu ($P < 0,05$) razliku između uzoraka nekuvanih i kuvanih taljatela, po redu

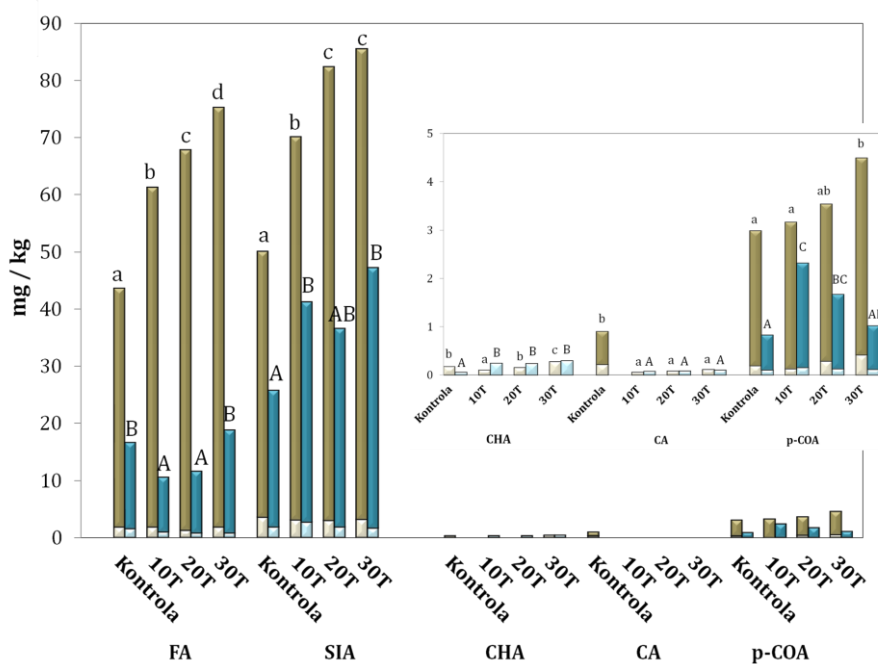
FA–ferulna kiselina, SIA–sinapinska kiselina, CHA–hlorogenska kiselina, CA–cimetna kiselina, p-COA–p-kumarinska kiselina



Slika 4.5. Sadržaj fenolnih kiselina derivata hidroksibenzojeve kiseline u nekuvanim i kuvanim taljateljama sa integralnim pšeničnim brašnom (kontrola) i različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10, 20 i 30T) (Jambrec i sar., 2015a)

Stubići označeni različitim malim i velikim slovima ukazuju na statistički značajnu ($P < 0,05$) razliku između uzoraka nekuvanih i kuvanih taljatelja, po redu

GA–galna kiselina, PCA–protokatehinska kiselina, p-OH-BA–p-hidroksi benzojeva kiselina, VA–vanilinska kiselina, SRA–siringinska kiselina



Slika 4.6. Sadržaj fenolnih kiselina derivata cimetne kiseline u nekuvanim i kuvanim taljateljama sa integralnim pšeničnim brašnom (kontrola) i različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10, 20 i 30NT) (Jambrec i sar., 2015a)

Stubići označeni različitim malim i velikim slovima ukazuju na statistički značajnu ($P < 0,05$) razliku između uzoraka nekuvanih i kuvanih taljatelja, po redu

FA–ferulna kiselina, SIA–sinapinska kiselina, CHA–hlorogenska kiselina, CA–cimetna kiselina, p-COA–p-kumarinska kiselina

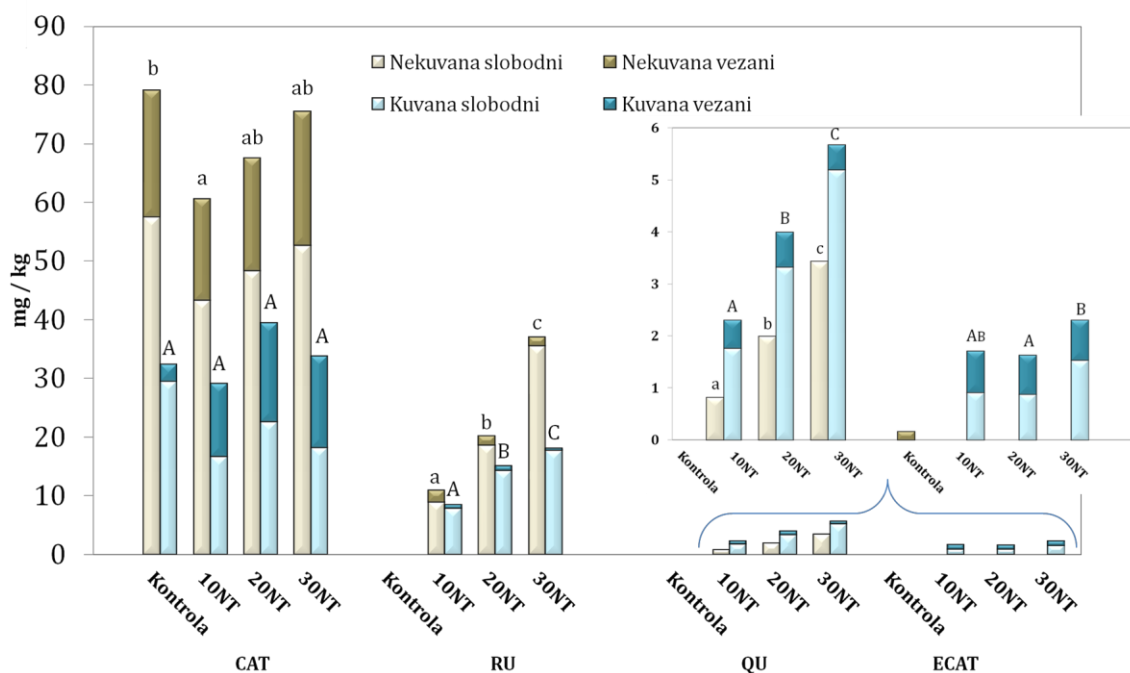
Upoređujući uzorke taljatela sa različitim udelima netretiranog i autoklaviranog integralnog heljdinog brašna može se zapaziti da je sadržaj fenolnih kiselina u slobodnom obliku viši u uzorcima taljatela sa NHB, dok su uzorci taljatela sa THB bogatiji fenolnim kiselinama u vezanom obliku. Čini se da je hidrotermički tretman zrna heljde doprineo da se hidrolizuju veze kojima su fenolne kiseline vezane za arabinoksilane u mekinjama, pri čemu su se konvertovale u oblik koji je lakši za ekstrakciju, kako navode West i sar. (2013). Sa druge strane, tokom autoklaviranja zrna heljde moglo je doći do nastajanja aromatičnih jedinjenja, kao posledice Maillard-ove reakcije, koja se odvija između aminokiselina i redukujućih šećera. Fenolne kiseline mogu da spreče formiranje ovih jedinjenja, reagujući sa radikalima aromatičnih jedinjenja, kako navodi Wang (2000), što može biti objašnjenje za niži sadržaj fenolnih kiselina u slobodnom obliku u taljatelama sa THB.

4.1.5.3. Sadržaj flavonoida u nekuvanim taljatelama

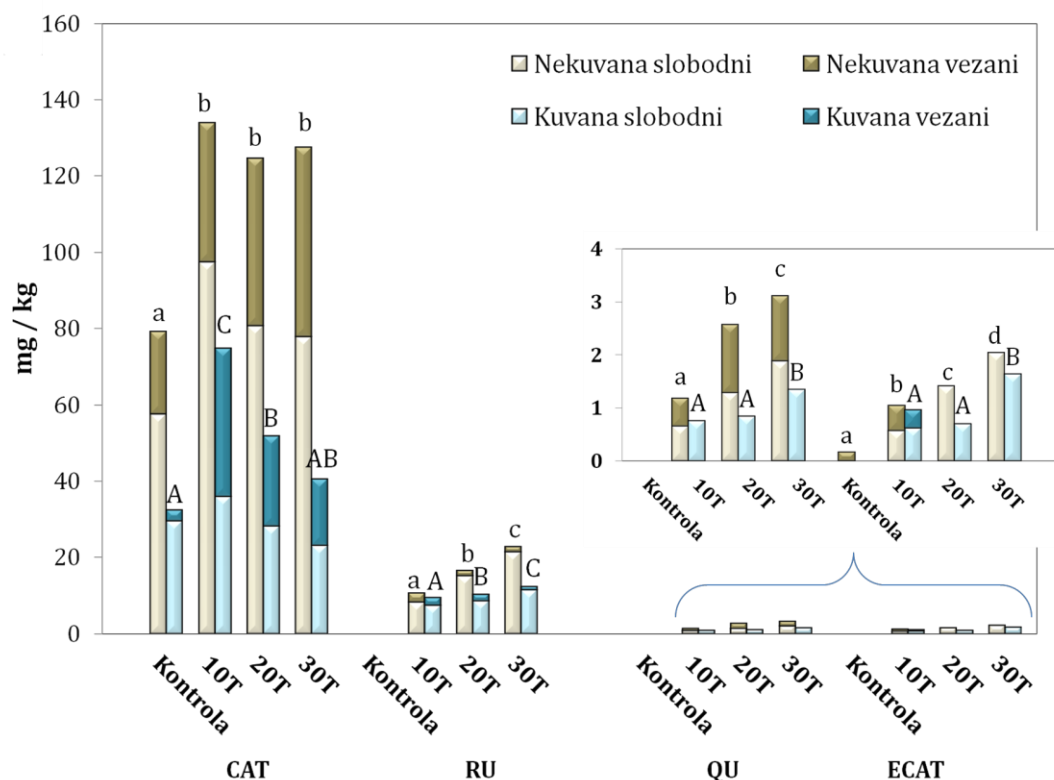
Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna netretiranim i autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom doprinela je da se u proizvedenim taljatelama detektuju i flavonoidi, koji nisu prisutni u kontrolnoj testenini, usled čega se sa povećanjem stepena supstitucije povećavao ukupni sadržaj flavonoida (Slike 4.7 i 4.8). Sadržaj flavonoida u kontrolnom uzorku je 79,20 mg/kg s.m., a katehin čini oko 99,8% ovog sadržaja. Dodatak netretiranog integralnog heljdinog brašna uticao je na povećanje ukupnog sadržaja flavonoida od 13% do 46% u uzorcima sa 20% i 30% ovog brašna, po redu, dok je sa dodatkom autoklaviranog integralnog heljdinog brašna povećanje ukupnog sadržaja flavonoida bilo znatno više, od 82% do 96%. U uzorcima taljatela sa NHB, uvećani sadržaj flavonoida posledica je prisustva flavonoida heljde koji prirodno nisu prisutni u pšenici, pre svih rutina, čiji sadržaj čini od 15% do 32% ukupnog sadržaja flavonoida u uzorcima taljatela sa različitim udelima NHB. Sa druge strane, u uzorcima taljatela sa različitim udelima THB značajno povećanje sadržaja flavonoida posledica je drastičnog uvećanja sadržaja katehina (od 69% do 120%). Ovi rezultati ukazuju da autoklaviranje doprinosi hidrolizi veza između monomernih flavanolnih jedinica tanina heljde, cepajući ih na manje jedinice, kao što je katehin. Eggum i sar. (1980) su ukazali da u heljdi, u zavisnosti od vrste, sadržaj kondenzovanih tanina (proantocijanidina) varira od 1,5% do 1,8%.

Sadržaj rutina u uzorcima proizvedenih taljatela zavisi i od nivoa supstitucije i od vrste integralnog heljdinog brašna korišćenog za supstituciju integralnog heljdinog brašna u formulaciji za taljatele. Uzorci taljatela sa THB imaju niži sadržaj rutina u poređenju sa taljatelama sa različitim udelima NHB. Međutim, ukoliko se porede rezultati za sadržaj rutina koji je izmeren u uzorcima (10,97 mg/kg s.m., 20,20 mg/kg s.m. i 37,02 mg/kg s.m. za uzorke sa 10, 20 i 30% NHB, po redu; 10,51 mg/kg s.m., 16,37 mg/kg s.m. i 22,74 mg/kg s.m. za uzorke sa 10, 20 i 30% THB, po redu) sa rezultatima koji su očekivani na osnovu sadržaja u brašnima (16,89 mg/kg s.m., 33,78 mg/kg s.m. i 50,67 mg/kg s.m. za

uzorke sa 10, 20 i 30% NHB, po redu; 10,61 mg/kg s.m., 21,20 mg/kg s.m. i 31,80 mg/kg s.m. za uzorke sa 10, 20 i 30% THB, po redu), uočavaju se manji gubici rutina tokom proizvodnje taljatelja sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna. Manji sadržaj rutina od očekivanog u uzorcima taljatelja sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom verovatno je posledica konverzije rutina u kvercetin u reakciji katalizovanoj rutin degradirajućim enzimom (Biney i Beta, 2014; Vogrinčić i sar., 2010). U slučaju taljatelja sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, degradacija rutina je mnogo manja (5,0%, 22,5% i 40,9% za uzorke sa 10, 20 i 30% NHB, po redu; 18,5% i 9,7%, za uzorke sa 20 i 30% THB, po redu), što navodi na zaključak da je proces autoklaviranja najverovatnije doprineo deaktivaciji rutin degradirajućeg enzima, koju kao uzrok navode i Yoo i sar., 2012. Pomenuti autori su zabeležili da, tokom pripreme nudli od autoklaviranog heljdinog brašna, sadržaj rutina ostaje nepromenjen, a koncentracija kvercetina koji nastaje je gotovo zanemarljiva, što oni objašnjavaju deaktivacijom rutin degradirajućeg enzima usled čega je sprečena konverzija rutina u kvercetin.



Slika 4.7. Sadržaj flavonoida u nekuvanim i kuvanim integralnim taljateljama sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna (10, 20 i 30NT) (Jambrec i sar., 2015a) Stubići označeni različitim malim i velikim slovima ukazuju na statistički značajnu ($P < 0,05$) razliku između uzoraka nekuvanih i kuvanih taljatelja, po redu
RU–rutin, QU–kvercetin, CAT–katehin, ECAT–epikatehin



Slika 4.8. Sadržaj flavonoida u nekuvanim i kuvanim integralnim taljatelama sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10, 20 i 30T) (Jambrec i sar., 2015a) Stubići označeni različitim malim i velikim slovima ukazuju na statistički značajnu ($P < 0,05$) razliku između uzoraka nekuvanih i kuvanih taljatelama, po redu RU–rutin, QU–kvercetin, CAT–katehin, ECAT–epikatehin

4.1.5.4. Sadržaj polifenola u kuvanim taljatelama

Korišćenje integralnog heljdinog brašna za obogaćivanje formulacije taljatelama od integralnog pšeničnog brašna uticalo je na povećanje gubitaka polifenolnih jedinjenja tokom kuvanja (oko tri puta veći gubici) u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Dodatak heljdinog brašna koje ne sadrži gluten narušava stabilnost i strukturu proteinske mreže, usled čega dolazi do povećanog gubitka materija tokom kuvanja testenine (Alamprese i sar., 2007). U skupini materija koje se „izlivaju“ tokom kuvanja registrovani su i polifenoli, što značajno snižava njihov sadržaj u kuvanoj testenini (Verardo i sar., 2011). Ipak, taljatele obogaćene integralnim heljdinim brašnima imale su viši sadržaj polifenolnih jedinjenja u poređenju sa kontrolnim integralnim pšeničnim taljatelama. Sadržaj pojedinih polifenolnih jedinjenja detektovan u vodi od kuvanja taljatelama bio je nešto niži za uzorke taljatelama sa različitim udelima THB u poređenju sa uzorcima koji sadrže NHB, osim za sadržaj sinapinske i cimetne kiseline i za rutin.

Rezultati sadržaja polifenolnih jedinjenja određenih u vodi od kuvanja testenine prikazani su u Tabeli 4.7.

Tabela 4.7. Sadržaj polifenolnih jedinjenja (mg/kg s.m.) određen u vodi od kuvanja taljatelama (Jambrec i sar., 2015a)

| Jedinjenje | Kontrola | 10NT | 20NT | 30NT | 10T | 20T | 30T |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| GA | n.d.* | n.d.* | 0,74 ^a ± 0,17 | 0,94 ^a ± 0,07 | n.d.* | n.d.* | n.d.* |
| PCA | 0,25 ^a ± 0,02 | 0,55 ^b ± 0,06 | 1,43 ^c ± 0,26 | 2,42 ^d ± 0,18 | 0,35 ^a ± 0,04 | 0,56 ^b ± 0,02 | 0,56 ^b ± 0,08 |
| p-OH-BA | 0,26 ^a ± 0,03 | 0,49 ^b ± 0,27 | 0,64 ^c ± 0,19 | 0,68 ^c ± 0,11 | 0,24 ^a ± 0,09 | 0,42 ^b ± 0,03 | 0,38 ^{ab} ± 0,10 |
| VA | 0,17 ^{ab} ± 0,01 | 0,24 ^b ± 0,02 | 0,33 ^b ± 0,10 | 0,34 ^b ± 0,03 | 0,27 ^b ± 0,01 | 0,31 ^b ± 0,01 | 0,06 ^a ± 0,00 |
| SRA | 0,08 ^a ± 0,00 | 0,13 ^b ± 0,01 | 0,22 ^b ± 0,08 | 0,27 ^b ± 0,01 | 0,08 ^a ± 0,01 | 0,10 ^{ab} ± 0,00 | 0,03 ^a ± 0,00 |
| p-COA | 0,02 ^a ± 0,00 | 0,02 ^a ± 0,01 | 0,04 ^a ± 0,02 | 0,07 ^a ± 0,01 | 0,03 ^a ± 0,00 | 0,03 ^a ± 0,01 | 0,02 ^a ± 0,00 |
| FA | 0,34 ^b ± 0,08 | 0,14 ^a ± 0,03 | 0,18 ^a ± 0,00 | 0,24 ^{ab} ± 0,00 | 0,23 ^{ab} ± 0,05 | 0,21 ^{ab} ± 0,06 | 0,25 ^{ab} ± 0,03 |
| SIA | 0,26 ^{ab} ± 0,04 | 0,12 ^a ± 0,02 | 0,15 ^a ± 0,07 | 0,12 ^a ± 0,00 | 0,23 ^{ab} ± 0,03 | 0,29 ^{ab} ± 0,01 | 0,45 ^b ± 0,10 |
| CHA | 0,02 ^a ± 0,00 | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,04 ^a ± 0,01 | 0,05 ^a ± 0,01 | 0,09 ^a ± 0,09 |
| CA | n.d.* | 0,27 ^a ± 0,03 | 0,18 ^a ± 0,04 | 0,36 ^a ± 0,05 | 3,75 ^b ± 0,10 | 8,37 ^c ± 0,25 | n.d.* |
| RU | n.d.* | n.d.* | 0,02 ^a ± 0,01 | 0,15 ^b ± 0,01 | 0,15 ^b ± 0,03 | 0,72 ^c ± 0,04 | 6,93 ^d ± 1,13 |
| QU | n.d.* | n.d.* | n.d.* | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,07 ± 0,02 |
| CAT | 2,09 ^{ab} ± 0,41 | 2,42 ^b ± 0,56 | 4,69 ^c ± 1,76 | 5,91 ^d ± 0,44 | 1,70 ^a ± 0,35 | 2,42 ^b ± 0,14 | 1,66 ^a ± 0,71 |
| ECAT | 0,13 ^a ± 0,02 | n.d.* | n.d.* | n.d.* | 0,10 ^a ± 0,03 | 0,07 ^a ± 0,01 | n.d.* |
| Ukupno | 3,62 | 4,38 | 8,62 | 11,5 | 7,17 | 13,55 | 10,9 |

* n.d. – nije detektovano

Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

GA–galna kiselina, PCA–protokatehinska kiselina, p-OH-BA–p-hidroksi benzoeva kiselina, VA–vanilinska kiselina, SRA–siringinska kiselina, p-COA–p-kumarinska kiselina, FA–ferulna kiselina, SIA–sinapinska kiselina, CHA–hlorogenska kiselina, CA–cimetna kiselina, RU–rutin, QU–kvercetin, CAT–katehin, ECAT–epikatehin

Uticaj procesa kuvanja na sadržaj polifenolnih jedinjenja u taljatelama izražen je kao procenat smanjenja ili povećanja jedinjenja (Tabela 4.8). Rezultati ukazuju da u kontrolnom uzorku nakon kuvanja zaostaje oko 43% ukupnih polifenolnih jedinjenja, dok u uzorcima taljatelama sa različitim udelima NHB zaostaje od 41 do 47% i u uzorcima taljatelama sa različitim udelima THB od 39 do 52%. Uopšteno gledajući sve dobijene rezultate, može se reći da u vodu tokom kuvanja pređe oko 4,4% ukupnih polifenolnih jedinjenja, dok se oko 58% razgradi. Dobijeni rezultati su uporedivi sa rezultatima koje

su objavili Verardo i sar (2011) ispitujući uticaj procesa kuvanja na špagete od belog heljadinog brašna. Pomenuti autori su, ispitujući uticaj proizvodnje i kuvanja špageta, utvrdili da se razgradi 46,1 i 49,4% od ukupnih fenolnih jedinjenja, po redu, a da se oko 11,6% rastvori u vodi od kuvanja špageta.

Tabela 4.8. Uticaj procesa kuvanja na sadržaj polifenolnih jedinjenja u taljatelama (Jambrec i sar., 2015a)

| Jedinjenje | % smanjenja/ povećanja | | | | | | |
|---------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Kontrola | 10NT | 20NT | 30NT | 10T | 20T | 30T |
| GA | -72,3 ^a ± 3,4 | -47,6 ^b ± 14,2 | -35,1 ^{bc} ± 15,9 | -41,8 ^{bc} ± 3,1 | -26,8 ^c ± 19,5 | -55,4 ^b ± 8,4 | -41,9 ^{bc} ± 7,8 |
| | +33,3 ^{cd} ± 1,0 | -22,5 ^b ± 8,1 | +41,2 ^d ± 21,0 | -2,30 ^c ± 1,0 | -12,6 ^b ± 5,4 | -34,0 ^{ab} ± 18,7 | -47,9 ^a ± 1,4 |
| PCA | -49,1 ^{ab} ± 7,01 | -37,5 ^{ab} ± 23,9 | -39,5 ^{abc} ± 30,6 | -64,2 ^a ± 11,3 | +21,1 ^{cd} ± 10,4 | +23,0 ^d ± 7,2 | +0,40 ^{bcd} ± 1,1 |
| | -81,2 ^a ± 4,1 | -34,1 ^b ± 6,1 | -33,4 ^b ± 7,3 | -79,7 ^a ± 7,4 | -10,2 ^c ± 2,6 | -83,1 ^a ± 4,9 | -93,1 ^a ± 0,3 |
| VA | -80,0 ^a ± 2,6 | -12,0 ^c ± 15,3 | -39,7 ^{abc} ± 9,9 | -59,9 ^{ab} ± 5,6 | +46,3 ^d ± 3,2 | -16,3 ^{bc} ± 2,5 | -61,6 ^a ± 8,9 |
| | -72,5 ^a ± 18,2 | -49,4 ^{ab} ± 5,7 | -42,5 ^{ab} ± 17,0 | -70,8 ^a ± 10,2 | -26,9 ^b ± 18,4 | -53,1 ^{ab} ± 22,2 | -77,5 ^a ± 1,2 |
| p-COA | -61,9 ^c ± 5,9 | -68,3 ^{bc} ± 4,0 | -79,7 ^{ab} ± 10,2 | -79,7 ^a ± 5,9 | -82,9 ^a ± 0,3 | -83,1 ^a ± 0,2 | -75,0 ^{ab} ± 3,1 |
| | -48,6 ^{bc} ± 2,7 | -57,8 ^{ab} ± 4,6 | -64,6 ^a ± 2,3 | -58,8 ^a ± 3,1 | -41,2 ^c ± 0,6 | -55,6 ^{ab} ± 0,3 | -44,8 ^c ± 11,7 |
| FA | -70,6 ^a ± 4,9 | -26,2 ^{ab} ± 13,9 | -42,0 ^{ab} ± 10,9 | -51,3 ^{ab} ± 26,1 | +140,0 ^d ± 58,7 | +53,3 ^c ± 51,0 | +7,40 ^{bc} ± 2,4 |
| | -100,0 ^a ± 0,0 | -100,0 ^a ± 0,0 | -100,0 ^a ± 0,0 | -100,0 ^a ± 0,0 | +40,0 ^b ± 20,1 | - | -9,10 ^c ± 8,0 |
| SIA | - | -22,8 ^c ± 14,1 | -52,2 ^{bc} ± 11,2 | -51,2 ^a ± 2,9 | -10,6 ^{cd} ± 1,1 | -37,8 ^{ab} ± 8,1 | -46,4 ^a ± 3,8 |
| | - | +180,5 ^d ± 45,3 | +100,5 ^c ± 24,6 | +65,3 ^c ± 51,1 | -36,4 ^{ab} ± 13,0 | -62,2 ^a ± 5,1 | -56,8 ^a ± 2,9 |
| CHA | -59,1 ^{ab} ± 0,1 | -52,0 ^{bc} ± 6,9 | -41,6 ^c ± 4,2 | -55,2 ^b ± 11,7 | -44,2 ^c ± 2,0 | -58,4 ^b ± 3,8 | -68,2 ^a ± 0,8 |
| | -100,0 ^a ± 0,0 | - | - | - | -8,70 ^c ± 7,5 | -51,1 ^b ± 8,2 | -19,7 ^c ± 13,1 |
| ECAT | | | | | | | |
| Ukupno | 57,6 | 53,5 | 53,3 | 59,4 | 48,1 | 60,9 | 61,1 |

Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

„-“ i „+“ ukazuju na smanjenje ili povećanje sadržaja, po redu

GA–galna kiselina, PCA–protokatehinska kiselina, p-OH-BA–p-hidroksi benzojeva kiselina, VA–vanilinska kiselina, SRA–siringinska kiselina, p-COA–p-kumarinska kiselina, FA–ferulna kiselina, SIA–sinapinska kiselina, CHA–hlorogenska kiselina, CA–cimetna kiselina, RU–rutin, QU–kvercetin, CAT–katehin, ECAT–epikatehin

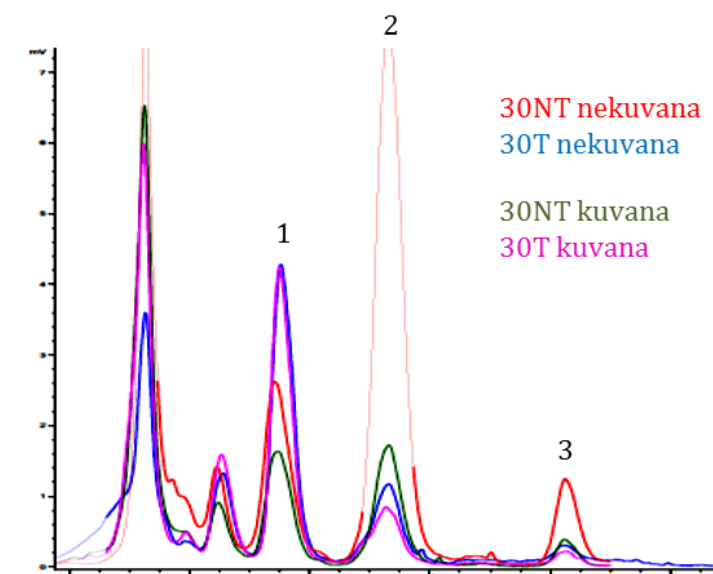
Analiziranjem rezultata prikazanih u Tabeli 4.8. uočava se da je sadržaj pojedinih polifenolnih jedinjenja uvećan nakon kuvanja, što ukazuje da ključala voda može da

uveća sposobnost ekstrakcije vezanih fenola iz matriksa i da time unapredi njihovu ekstrakciju organskim rastvaračima (Fares i sar., 2010). Sa druge strane, povećanje sadržaja polifenolnih jedinjenja može biti posledica konverzije jednog jedinjenja u drugo (Yoo i sar., 2012). Upravo ovom činjenicom se može objasniti dva puta viši sadržaj kvercetina u kuvanim taljateljama sa različitim udelima NHB u poređenju sa sadržajem pre njihovog kuvanja. Naime, od 4,10 do 37,90 μmol rutina je nestalo, pri čemu je nastalo od 4,90 do 7,40 μmol kvercetina, što ukazuje da se rutin konvertovao u kvercetin u visokom procentu (oko 120, 80 i 24% u uzorcima sa 10, 20 i 30% NHB, po redu). U uzorku sa 10% NHB, povećanje sadržaja kvercetina posledica je potpune konverzije rutina i degradacije nekog drugog fenolnog jedinjenja. Nasuprot ovim uzorcima, u uzorcima taljatelya sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom kuvanje izaziva redukciju sadržaja kako rutina tako i kvercetina. Do sličnih rezultata došli su i Yoo i sar. (2012), koji su utvrdili da je u nudlama od heljdinog brašna usled hidrotermičke predpripreme heljdinog brašna redukcija rutina smanjena, a da je kvercetin prisutan u malim koncentracijama. Ovi autori su utvrdili da tokom pripreme nudli od hidrotermički tretiranog heljdinog brašna sadržaj rutina ostaje konstanta, tj. dodatak vode u hidrotermički tretirano heljdino brašno nema statistički značajan uticaj na promenu njegovog sadržaja. Takođe, sadržaj kvercetina je u koncentracijama koje gotovo da ne mogu da se detektuju.

4.1.6. HPLC analiza sadržaja šećera

Određivanje sadržaja šećera u taljateljama kreiranim u okviru ove doktorske disertacije sprovedeno je u cilju utvrđivanja uticaja tretmana heljdinog brašna na sadržaj šećera, s jedne strane, i karakterisanja sastava i sadržaja šećera u kuvanoj i nekuvanoj testenini sa netretiranim i autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, s druge strane. Litaraturni navodi ukazuju da su rastvorljivi ugljeni hidrati zrna heljde, saharoza i fagopiritoli, najvećim delom locirani u klici heljde (71,4% od ukupnih rastvorljivih ugljenih hidrata, Sakač i sar., 2012). Njihov sadržaj je nizak u endospermu, a visok u mekinjama. Sastav rastvorljivih ugljenih hidrata zavisi i od vrste heljde (Sakač i sar., 2012). Uzimajući u obzir proste šećere, zrno heljde sadrži najviše saharoze i rafinoze, a sadrži i fruktozu i glukozu, a u mnogo manjim količinama ramnozu i maltozu (Kim i sar., 2004).

U svim ispitivanim brašnima (integralno pšenično brašno, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno) i uzorcima taljatelya pre i nakon kuvanja, identifikovani i kvantifikovani su saharoza, glukozu i fruktoza (Slika 4.9).



Slika 4.9. HPLC hromatogram sadržaja šećera nekuvanih i kuvanih taljatela sa 30% integralnog heljdinog brašna (netretiranog i autoklaviranog)
1-saharoza, 2-glukoza, 3-fruktoza

Rezultati određivanja sadržaj šećera, monosaharida (glukoze i fruktoze) i disaharida (saharoze) u brašnima (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanim i kuvanim taljateljama prikazani su u Tabeli 4.9.

Sadržaj šećera u integralnom pšeničnom brašnu veći je od sadržaja šećera u integralnim heljdinim brašnima, što je u saglasnosti sa literaturnim podacima. U autoklaviranom heljdinom brašnu kvantifikovana je jedino saharoza. Odsustvo glukoze u tretiranom brašnu se može objasniti odvijanjem Maillard-ove reakcije tokom autoklaviranja, u kojoj nastaje hidroksimetilfurfural (HMF) iz šećera kao glavnog reaktanta. Naime, HMF ne samo da je marker odvijanja Maillard-ove reakcije, već je i indikator degradacije šećera (Capuano i Fogliano, 2011). Ovi autori navode da fruktoza reaguje mnogo brže i sa većom selektivnošću u odnosu na druge heksoze pri nastanku HMF. Nadalje, Qi i sar. (2010) navode da HMF nastaje veoma brzo, već nakon 30 s, usled konverzije glukoze zagrevanjem mikrotalasima na temperaturi od 140 °C, a nešto sporije, iz fruktoze, saharoze i celuloze, nakon 10 minuta, zagrevanjem mikrotalasima na temperaturi od 150 °C. Upoređujući rezultate sadržaja pojedinih šećera sa sadržajem formiranog HMF (Tabela 4.10), pretpostavlja se da tokom hidrotermičkog tretmana (autoklaviranja) dolazi do reakcije u kojoj učestvuju fruktoza i glukoza iz zrna heljde, te zbog toga ovi šećeri nisu ni identifikovani u tretiranom, autoklaviranom brašnu.

Tabela 4.9. Sadržaj šećera (mg/g s.m.) u brašnima (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanoj i kuvanoj testenini

| Uzorc | Saharoza | Glukoza | Fruktoza | Ukupno |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| Integralna brašna | | | | |
| PB | 16,35 ^c ±1,02 | 0,24 ^a ±0,00 | <0,05 | 16,59 ^c |
| NHB | 6,96 ^a ±0,54 | 0,85 ^b ±0,03 | <0,05 | 7,81 ^a |
| THB | 10,50 ^b ±0,77 | <0,05 | <0,05 | 10,50 ^b |
| Nekuvane taljatele | | | | |
| Kontrola | 39,17 ^e ±2,14 | 1,130 ^a ±0,01 | 0,90 ^a ±0,17 | 41,20 ^{bc} |
| 10NT | 18,71 ^b ±1,20 | 14,19 ^c ±2,15 | 3,79 ^b ±0,95 | 36,69 ^b |
| 20NT | 17,10 ^b ±1,00 | 18,09 ^c ±1,78 | 4,06 ^b ±0,44 | 49,13 ^c |
| 30NT | 14,46 ^a ±0,55 | 29,88 ^d ±2,45 | 4,79 ^b ±0,52 | 43,84 ^c |
| 10T | 36,21 ^e ±1,01 | 3,05 ^b ±0,00 | 0,94 ^a ±0,00 | 40,20 ^{bc} |
| 20T | 31,93 ^d ±0,95 | 4,35 ^b ±0,15 | 0,95 ^a ±0,00 | 37,23 ^b |
| 30T | 22,97 ^{bc} ±0,85 | 5,11 ^b ±0,54 | 1,13 ^a ±0,65 | 29,21 ^a |
| Kuvane taljatele | | | | |
| Kontrola | 21,89 ^b ±2,14 | 0,67 ^a ±0,00 | 0,52 ^b ±0,03 | 23,07 |
| 10NT | 8,29 ^a ±1,11 | 4,41 ^c ±0,62 | 1,57 ^c ±0,22 | 14,27 |
| 20NT | 7,64 ^a ±0,98 | 7,18 ^d ±0,57 | 1,77 ^c ±0,15 | 16,59 |
| 30NT | 9,76 ^a ±0,87 | 7,03 ^d ±0,88 | 1,50 ^c ±0,08 | 18,28 |
| 10T | 7,69 ^a ±0,56 | 0,39 ^a ±0,00 | 0,19 ^a ±0,00 | 8,27 |
| 20T | 17,93 ^b ±1,66 | 1,59 ^b ±0,02 | 0,45 ^b ±0,02 | 19,97 |
| 30T | 20,82 ^b ±1,84 | 3,13 ^c ±0,32 | 0,81 ^b ±0,01 | 24,76 |

Vrednosti u jednoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ($P < 0,05$)

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Sadržaj šećera u nekuvanim taljatelama, prikazan u Tabeli 4.9, ukazuje na smanjenje sadržaja saharoze i povećanja sadržaja glukoze i fruktoze sa porastom udela heljdnog brašna u poređenju sa kontrolom, kod taljatele pripremljenih i od autoklaviranog i od netretiranog brašna. Sve nastale promene u sadržaju šećera se mogu pripisati hidrolitičkim procesima tokom proizvodnje testenine, uključujući i sušenje, kao i odvijanju Maillard-ove reakcije. Manje izražene promene u sadržaju šećera se zapažaju kod taljatele od autoklaviranog u odnosu na taljatele od netretiranog brašna u poređenju sa kontrolom. U taljatelama sa autoklaviranim heljdnim brašnom sadržaj šećera je bio u direktnoj zavisnosti sa povećanjem udela ovog brašna u formulaciji za taljatele. Kod svih proizvedenih taljatele sadržaj saharoze, glukoze i fruktoze je veći od sadržaja u brašnima od kojih su taljatele pripremljene. Kod kontrolnog uzorka i taljatele sa autoklaviranim heljdnim brašnom najveći doprinos ukupnom sadržaju šećera imala je saharoza i to oko 95% u kontrolnom uzorku i u opsegu od 79% do čak 90% u taljatelama sa autoklaviranim heljdnim brašnom. Kod taljatele sa netretiranim heljdnim brašnom najveći doprinos ukupnom sadržaju šećera imala je glukoza, u

opsegu od 39% do 61%, dok je doprinos saharoze bio nešto niži, u opsegu od 29% do 51%. Ovakvi rezultati ukazuju da je proces proizvodnje taljatelata doprineo želatinizaciji skroba i većoj osetljivosti na α -amilazu u poređenju sa brašnima, tako da je i oslobađanje glukoze bilo veće. Slična zapažanja su zabeležili i Barbioli i sar. (2013), koji su ispitivali uticaj različitih uslova pripreme sirovina i procesa proizvodnje na strukturu skroba kod pirinčane testenine. Poredeći taljatele koje sadrže na različite načine pripremljena integralna heljdina brašna, primećuje se razlika, kako u ukupnom sadržaju ispitivanih šećera, tako i u pojedinačnom doprinosu svakog šećera ponaosob. Naime, u taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, najveći je sadržaj saharoze, dok su glukoza i fruktoza prisutni u daleko nižem udelu. Međutim, kod taljatelata sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom, odnos je potpuno drugačiji. Glukoza je prisutna u najvećem udelu i njen sadržaj je značajno ($P < 0,05$) veći u poređenju sa taljatelama koje sadrže autoklavirano heljdino brašno. Takođe, sadržaj fruktoze u ovim uzorcima je značajno ($P < 0,05$) veći nego u ostalim ispitivanim uzorcima. Dobijeni rezultati ukazuju da je hidrotermička predpriprema zrna heljde doprinela makromolekularnim promenama skroba, koje su, dalje, izazvale promene u oslobađanju i sadržaju mono- i disaharida. Promene u sadržaju i načinu oslobađanja šećera u pirinčanim testeninama pripremanim od običnog i prethodno naparenog pirinča uočili su i Barbioli i sar. (2013).

Tokom kuvanja, sadržaj šećera u svim ispitivanim uzorcima se značajno smanjio, što se može objasniti „izlivanjem“ materija u vodu od kuvanja. Međutim, generalno najveći gubici su zabeleženi u uzorcima sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna, iako procenat raskuvavanja u ovim uzorcima nije bio najveći. Ovo ukazuje da se deo šećera najverovatnije utrošio tokom Maillard-ove reakcije za sintezu HMF, o čemu svedoči i uvećan sadržaj ovog jedinjenja u pomenutim uzorcima (Tabela 4.11).

4.1.7. HPLC analiza sadržaja hidroksimetilfurfurala

U proces proizvodnje testenine uključeno je nekoliko uzastopnih termičkih tretmana. Oni se primenjuju kako bi se obezbedila što poželjnija teksturna i senzorska svojstva testenine, ali i da bi se obezbedila mikrobiološka zaštita. Tokom termičkih tretmana, ekstrudiranja, sušenja i kuvanja testenine, odvija se Maillard-ova reakcija, odnosno reakcija neenzimskog tamnjenja između aminokiselina, peptida i proteina i redukujućih šećera i drugih karbonilnih jedinjenja prisutnih u sirovinama (Capuano i Fogliano, 2011; Delgado-Andrade, 2014).

Rezultati određivanja sadržaja HMF u brašnima (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), i nekuvanim i kuvanim taljatelama prikazani su u Tabeli 4.10 i Tabeli 4.11. Sadržaj ovog jedinjenja kretao se u opsegu 0,11–5,95 mg/kg s.m. Poredeći rezultate sadržaja HMF u brašnima, može se reći da integralno pšenično brašno ima najniži sadržaj ovog jedinjenja, dok autoklavirano integralno heljdino brašno ima značajno ($P < 0,05$) veći sadržaj od preostala dva, i to skoro 50 puta veći sadržaj nego integralno pšenično brašno i oko 6 puta veći sadržaj nego netretirano

integralno heljdino brašno, što ukazuje da su uslovi pod kojima se sprovodilo autoklaviranje omogućili odvijanje Maillard-ove reakcije.

Tabela 4.10. Sadržaj hidrokсиметилфурфурала (HMF) (mg/kg s.m.) u brašnima (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno)

| <i>Uzorci integralnog brašna</i> | <i>Sadržaj HMF</i> |
|----------------------------------|--------------------------|
| PB | 0,11 ^a ± 0,01 |
| NHB | 0,86 ^b ± 0,03 |
| THB | 5,30 ^c ± 0,05 |

Vrednosti u jednoj koloni označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$)

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Razvoju Maillard-ove reakcije doprineli su i uslovi pod kojima se testo ekstrudiralo u taljatele, kao i proces njihovog sušenja, o čemu svedoči viši sadržaj HMF od očekivanog u nekuvanim taljatelama, s obzirom na sadržaj HMF u brašnima od kojih su taljatele proizvedene. Ovi rezultati su uporedivi sa navodima Acquistucci i sar. (2000), koji su, prateći sadržaj furozina, takođe markera Maillard-ove reakcije, utvrdili da se tokom ekstrudiranja sadržaj ovog jedinjenja značajno ne menja, ali da već na nižim temperaturama sušenja (oko 50 °C) dolazi do razvoja Maillard-ove reakcije u manjoj meri. S obzirom da su taljatele sušene na temperaturi od oko 50 °C tokom 13,5 h, pretpostavljamo da su uslovi sušenja pogodovali odvijanju Maillard-ove reakcije, usled koje je došlo do povećanja sadržaja HMF u proizvedenim taljatelama. U proizvedenim taljatelama se sadržaj HMF povećavao sa povećanjem udela integralnog heljdnog brašna, pri čemu je njegov sadržaj bio značajno viši u taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdnim brašnom.

Tabela 4.11. Sadržaj hidrokсиметилфурфурала (HMF) (mg/kg s.m.) u nekuvanim i kuvanim taljatelama

| <i>Uzorci</i> | <i>Sadržaj HMF</i> | <i>Uzorci</i> | <i>Sadržaj HMF</i> |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <i>Nekuvane taljatele</i> | | <i>Kuvane taljatele</i> | |
| Kontrola | 0,12 ^a ± 0,01 | Kontrola | 0,13 ^a ± 0,00 |
| 10NT | 1,12 ^b ± 0,10 | 10NT | 1,93 ^b ± 0,12 |
| 20NT | 1,24 ^b ± 0,02 | 20NT | 3,72 ^c ± 0,44 |
| 30NT | 1,86 ^c ± 0,01 | 30NT | 5,95 ^e ± 1,15 |
| 10T | 2,70 ^d ± 0,14 | 10T | 2,10 ^b ± 0,11 |
| 20T | 4,41 ^e ± 0,23 | 20T | 4,09 ^c ± 0,20 |
| 30T | 5,26 ^f ± 0,15 | 30T | 4,70 ^d ± 0,51 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$)

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Uticaj kuvanja na sadržaj HMF je značajno izraženiji kod taljatela sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna, u kojima je zabeleženo povećanje sadržaja ovog jedinjenja od 1,7 do preko 3 puta u odnosu na nekuvane taljatele. Sa druge strane, kod taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom zabeleženo je smanjenje sadržaja ovog jedinjenja. Rezultati se mogu dovesti u vezu sa promenama u sadržaju šećera, koje su, takođe, nastale tokom kuvanja taljatela. Naime, sadržaj šećera tokom kuvanja se značajno ($P < 0,05$) smanjio (Tabela 4.9) u taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, najverovatnije zbog narušene proteinsko-skrobne strukture i većeg „izlivanja“ materija u vodu od kuvanja. Ova pretpostavka je u saglasnosti sa navodima Sakačeve i sar. (2012), koji ukazuju da materije koje dospevaju u vodu od kuvanja dominantno sadrže skrob, kao i rastvorne šećere. Na temelju ovih tvrdnji pretpostavljamo da je sa smanjenjem sadržaja šećera u taljatelama došlo i do smanjenja prinosa Maillard-ove reakcije. Međutim, do smanjenja sadržaja HMF u taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom moglo je doći i zato što je HMF rastvoran u vodi, pa je tokom kuvanja verovatno došlo do njegovog „izlivanja“ u vodu od kuvanja, što je rezultiralo njegovim nižim sadržajem u taljatelama sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom.

4.1.8. Antiradikalska aktivnost ekstrakata sirovina i proizvedenih taljatela na DPPH'

Jedan od parametara antioksidativne aktivnosti prirodnih sekundarnih metabolita je njihova sposobnost da redukuju stabilne DPPH radikale (DPPH') u DPPH-H. Za potrebe ove doktorske disertacije antiradikalska aktivnost ekstrakata sirovina korišćenih za proizvodnju taljatela (integralno pšenično brašno, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanih i kuvanih taljatela na stabilne DPPH' ispitana je indirektno, spektrofotometrijskim određivanjem. U model sistemu koji definiše određivanje antiradikalske aktivnosti na DPPH' nivo obezbojenja rastvora DPPH' ukazuje na antiradikalni potencijal antioksidativnih jedinjenja (Sedej, 2011).

Primena ispitivanih ekstrakata u sistemu za praćenje obezbojenja DPPH' rezultirala je ispoljavanjem njihove antiradikalske aktivnosti na DPPH', koja je bila u funkciji koncentracije, odnosno dobijena je linearna zavisnost, kao osnova za izračunavanje IC_{50} vrednosti antiradikalske aktivnosti na DPPH' (Tabele 4.12 i 4.13). IC_{50} vrednost definisana je kao koncentracija ekstrakta pri kojoj je neutralisano 50% DPPH', što znači da niže vrednosti ovog parametra ukazuju na veću efikasnost ekstrakta u eliminisanju DPPH', tj. na njegov veći antioksidativni potencijal.

Na osnovu izračunatih IC_{50} vrednosti evidentirano je da su ekstrakti oba heljdina brašna, netretiranog i autoklaviranog integralnog heljdinog brašna ispoljili znatno ($P < 0,05$) veću efikasnost u eliminisanju DPPH' u poređenju sa ekstraktom integralnog pšeničnog brašna. Ovako izrazita antiradikalska aktivnost ekstrakata heljdinih brašna može se

objasniti prisustvom potentnijih antioksidanata u heljdi, kao što su rutin i kvercetin, koji ispoljavaju izrazitiju antiradikalnu aktivnost u poređenju sa ferulnom kiselinom (Chen i Ahn, 1998), koja je dominantni polifenol pšeničnog brašna (Sedej, 2011). Veću antiradikalnu sposobnost ekstrakta heljde u poređenju sa ekstraktima pšenice, ali i drugih žitarica, kao što su ječam i raž, ustanovili su i Alvarez-Jubete i sar. (2010), Đorđević i sar. (2010), Sedej i sar. (2010), Sedej (2011) i Vogrinčić i sar. (2010).

Tabela 4.12. Antiradikalna aktivnost uzoraka ekstrakata brašna (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno) na DPPH'

| <i>Uzorci</i> | <i>DPPH'</i> <i>IC₅₀ (mg/ml)</i> |
|---------------|--|
| PB | 75,32 ^c ± 0,57 |
| NHB | 6,15 ^a ± 0,07 |
| THB | 7,84 ^b ± 0,02 |

*Vrednosti označene različitim slovima statistički se značajno (P < 0,05) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija (n = 3)*

Poređenjem dva integralna heljdina brašna može se zapaziti da značajno (P < 0,05) bolji antioksidativni potencijal ima netretirano integralno heljdino brašno, što je, verovatno, u vezi sa višim sadržajem ukupnih rastvorljivih polifenola određenih u ovom brašnu. Takođe, smanjenje antioksidativne aktivnosti ekstrakta autoklaviranog u odnosu na ekstrakt netretiranog integralnog heljdinog brašna može biti uzrok degradacije antioksidantnih komponenti, koja je inicirana dejstvom povišene temperature. Slične rezultate su objavili Biney i Beta (2014), koji su ispitivali uticaj ekstrudiranja testenine na dvopužnom ekstruderu, i sušenja (na povišenoj temperaturi od 80 °C) na antioksidativnu aktivnost špageta sa različitim udelom integralnog heljdinog brašna ili heljdinih mekinja. Navedeni autori zabeležili su smanjenje sposobnosti redukcije DPPH' uzoraka špageta od preko 40% nakon njihovog sušenja.

Sličan trend u sposobnosti redukcije DPPH' uočava se i kod proizvedenih taljatele, pri čemu se sa povećanjem udela integralnog heljdinog brašna povećava efikasnost u eliminisanju DPPH'. Taljatele koje sadrže autoklavirano integralno heljdino brašno pokazuju najizrazitiju antiradikalnu aktivnost. Pretpostavlja se da, iako uslovi autoklaviranja dovode do smanjenja sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola u ovim uzorcima, isti uslovi pogoduju razvoju Maillard-ove reakcije, a utvrđeno je da proizvodi ove reakcije ispoljavaju antiradikalno delovanje (Lindenmeier i Hofmann, 2004). Navedenu pretpostavku opravdava veći sadržaj hidrosimetilfurfurala u uzorcima taljatele sa autoklaviranim brašnom, kao dokaz odvijanja reakcije neenzimskog tamnjenja (Tabela 4.11). Turkmen i sar. (2005) su, takođe, utvrdili povećanje antioksidativne aktivnosti kao posledicu umerenog termičkog tretmana. Potvrdu ovakvog tumačenja daju i Vogrinčić i sar. (2010), koji su veću antiradikalnu aktivnost pečenog hleba u odnosu na testo tumačili sintezom antioksidativno delotvornih jedinjenja tokom odvijanja Maillard-ove reakcije pri pečenju hleba.

Tabela 4.13. Antiradikalna aktivnost uzoraka ekstrakata nekuvanih i kuvanih taljatele na DPPH'

| Uzorci | DPPH' IC ₅₀ (mg/ml) | DPPH' IC ₅₀ (mg/ml) | |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <i>Nekuvane taljatele</i> | | <i>Kuvane taljatele</i> | |
| Kontrola | 76,35 ^e ±1,22 | Kontrola | 87,70 ^f ±2,29 |
| 10NT | 65,62 ^d ±0,51 | 10NT | 55,18 ^d ±0,32 |
| 20NT | 47,62 ^c ±1,70 | 20NT | 24,83 ^b ±0,86 |
| 30NT | 36,54 ^b ±0,81 | 30NT | 18,18 ^a ±0,41 |
| 10T | 44,72 ^c ±1,50 | 10T | 67,55 ^e ±1,10 |
| 20T | 45,06 ^c ±0,42 | 20T | 34,89 ^c ±0,40 |
| 30T | 30,36 ^a ±2,07 | 30T | 23,54 ^b ±1,07 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Tokom procesa kuvanja taljatele uočavaju se značajni gubici u antiradikalnoj aktivnosti kada je u pitanju kontrolna taljatele i taljatele koja sadrži 10% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna, U svim ostalim uzorcima taljatele zabeleženo je povećanje antiradikalne aktivnosti nakon kuvanja, pri čemu je prisustvo netretiranog integralnog heljdinog brašna u formulacijama doprinelo povećanju antiradikalne sposobnosti ekstrakata ovih uzoraka na DPPH'. Međutim, slabiju antiradikalnu aktivnost ekstrakata taljatele koje sadrže autoklavirano heljdino brašno treba, pre svega, povezati sa velikim gubicima materije koji se javljaju tokom kuvanja ovih taljatele (Tabela 4.16), pri čemu u vodu pređe od 5 do preko 7% polifenola, među kojima je identifikovan i rutin (Jambrec i sar., 2015a). Takođe, u ovim uzorcima je smanjen i sadržaj hidrosimetilfurfurala za 2% do čak 17%. Smanjenje antiradikalne efektivnosti u opsegu od 22,4 do 40,5% nakon kuvanja špageta sa integralnim heljdinim brašnom i mekinjama zabeležili su i Biney i Beta (2014).

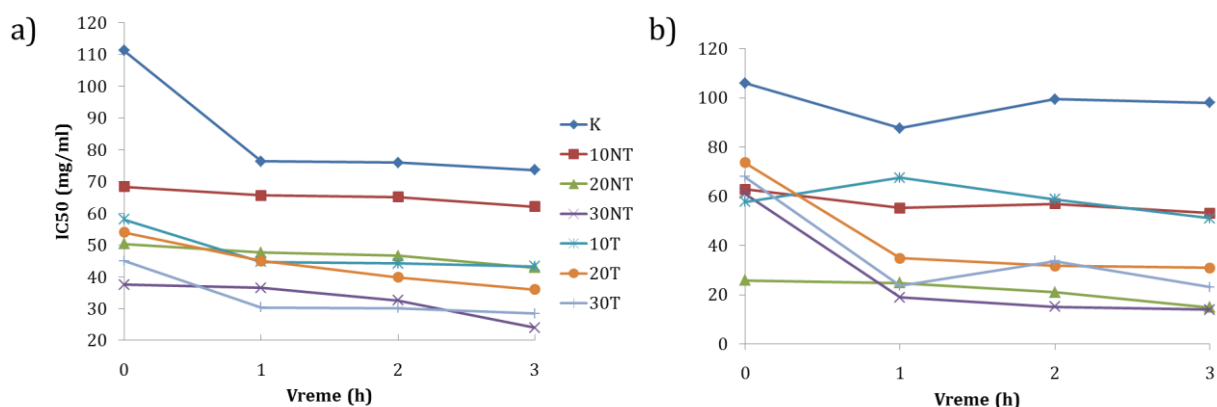
Nasuprot tome, povećano antiradikalno delovanje ekstrakata taljatele sa netretiranim heljdinim brašnom može se objasniti povećanim sadržajem kvercetina u kuvanim taljatelama, što je, najverovatnije, posledica konverzije rutina u kvercetin (Jambrec i sar., 2015a), a literaturni navodi svedoče o većoj antioksidativnoj aktivnosti kvercetina u poređenju sa rutinom (Heim i sar., 2002; Jiang i sar., 2007). Takođe, povećani sadržaj hidrosimetilfurfurala za oko 43 do preko 60% (u zavisnosti od udela netretiranog integralnog heljdinog brašna u formulaciji za taljatele) ide u prilog efektivnosti antiradikalnog delovanja. Povećanje antioksidativne aktivnosti nakon kuvanja povrća registrovali su u svojim istraživanjima i Turkmen i sar. (2005).

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa mehanizmom reakcije antioksidanata i DPPH', po kome je antioksidativni potencijal antioksidanta u funkciji njegove hemijske strukture. (Bondet i sar., 1997). Stoga je moguće da promena strukture polifenola tokom termičkog tretmana, koju beleže Randhir i sar. (2008), utiče na povećanje antiradikalne aktivnosti

termički obrađenog proizvoda. Osim toga, povećanje antioksidativne aktivnosti može biti posledica sinergističkog efekta između drugih fitohemikalija i termički izmenjenih polifenola (Randhir i sar., 2008).

Na Slici 4.10 a i b prikazane su promene antiradikalske aktivnosti na DPPH' ispitivanih uzoraka, izražene IC₅₀ vrednostima tokom tri sata.

Na osnovu rezultata prikazanih na Slici 4.10. može se zaključiti da se tokom prvog sata reakcije DPPH' najbrže eliminišu delovanjem antioksidativno delotvornih komponenti prisutnih u ekstraktima uzoraka nekuvanih taljatela sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdnog brašna, kao i u ekstraktu kontrolnog uzorka, što se može dovesti u vezu sa sinergističkim antioksidativnim delovanjem polifenola i proizvoda Maillard-ove reakcije. Sa druge strane, antioksidativno delotvorne komponente ekstrakata uzoraka taljatela sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdnog brašna daleko sporije eliminišu DPPH' u prvom satu, a i kasnije, tokom posmatranog perioda, reakcija se odvija veoma ujednačenom brzinom, bez ubrzavanja. S obzirom da se od prvog do trećeg sata reakcije IC₅₀ vrednost smanjuje skoro linearno, nagib prave je označen kao brzina reakcije (Rv). Izuzetak je primećen kod uzorka sa 30% netretiranog integralnog heljdnog brašna, kod koga se od prvog do trećeg sata reakcija najbrže odvija (Rv = 6,30 mg/ml h⁻¹) u poređenju sa ostalim uzorcima.



Slika 4.10. Antiradikalska aktivnost proizvedenih taljatela na DPPH' tokom tri sata u nekuvanim (a) i kuvanim (b) taljatelama

Poredeći brzine reakcije antiradikalske aktivnosti ekstrakata uzoraka kuvanih taljatela na DPPH', slično kao i kod ekstrakata uzoraka nekuvanih taljatela, u prvom satu najbrže se odvija reakcija eliminacije DPPH' sa ekstraktima uzoraka taljatela sa 20 i 30% autoklaviranog heljdnog brašna, ali i sa ekstraktom uzorka taljatela sa najvećim udelom netretiranog integralnog heljdnog brašna. Potom, po brzini reakcije, sledi ekstrakt uzorka taljatela sa 10% autoklaviranog heljdnog brašna (Rv = 8,22 mg/ml h⁻¹), a potom slede ekstrakti uzoraka sa 20 i 30% netreiranog heljdnog brašna (Rv = 5,00 mg/ml h⁻¹ i 2,45 mg/ml h⁻¹, redom).

4.1.9. Korelaciona analiza

Korelacionom analizom određena je zavisnost između antioksidativne aktivnosti (antiradikalna aktivnost na DPPH' izražena kao IC₅₀ vrednost), sadržaja fitohemikalija (ukupni rastvorljivi polifenoli, polifenolna jedinjenja određena HPLC metodom, fenolne kiseline u slobodnom i vezanom obliku, flavonoidi u slobodnom i vezanom obliku) i sadržaja HMF uzoraka brašna (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanih i kuvanih taljatele. Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 4.14.

Statistički značajna korelacija ($P < 0,05$) utvrđena je između antioksidativne aktivnosti ispitivanih uzoraka i sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola dobijenih korišćenjem Folin-Ciocalteu metode ($r = -0,629$), sadržaja slobodne frakcije fenolnih kiselina određenih HPLC metodom ($r = -0,601$), sadržaja slobodne ($r = -0,565$) i vezane ($r = -0,557$) frakcije flavonoida određenih HPLC metodom. Statistički značajna korelacija ($r = -0,699$, $P < 0,05$) utvrđena je i između antioksidativne aktivnosti i sadržaja HMF određene HPLC metodom, što ukazuje da pored polifenola i druga jedinjenja doprinose antioksidativnoj aktivnosti ekstrakata. Negativne vrednosti koeficijenta korelacije ukazuju da se pri višem sadržaju fitohemikalija ili HMF dobijaju niže IC₅₀ vrednosti, odnosno veća antioksidativna aktivnost.

Statistički značajnu korelaciju između ukupnog sadržaja polifenola i antiradikalne aktivnosti na DPPH' ($r = 0,988$) u ekstraktima žita i pseudožita objavili su Ragaee i sar. (2006), kao i Sedej (2011) u ekstraktima frakcija mlevenja heljde ($r = 0,97$).

Najveći stepen korelacije utvrđen je između sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola dobijenih korišćenjem Folin-Ciocalteu metode i sadržaja slobodne frakcije fenolnih kiselina određenih HPLC metodom ($r = 0,964$). Interesantno je da ovi parametri nisu u korelaciji sa sadržajem vezane frakcije fenolnih kiselina (ukupni rastvorljivi polifenoli $r = -0,129$; slobodna frakcija fenolnih kiselina $r = -0,169$).

Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenolnih jedinjenja dobijen Folin-Ciocalteu metodom i polifenola određen HPLC metodom su u međusobno značajnoj pozitivnoj korelaciji ($r = 0,696$, $P < 0,05$). Dobijena vrednost koeficijenta korelacije, iako ukazuje na statistički značajnu zavisnost između posmatranih parametara, govori o slabijoj korelaciji između posmatranih parametara u odnosu na rezultate ($r = 0,99$) objavljene kod Sedej (2011). Razlike u jačini korelacije mogu se objasniti razlikama u setu podataka koji je analiziran u pomenutom radu i u ovoj tezi. Naime, Sedej (2011) je analizirala pojedinačno rezultate dobijene za frakcije mlevenja heljde, pšenice i krekerja, dok su u ovoj doktorskoj disertaciji analizirani rezultati dobijeni za sadržaje posmatranih parametara u svim uzorcima (brašna – integralno pšenično brašno, integralno heljdino brašno, netretirano i autoklavirano; nekuvane i kuvane taljatele).

Razlike u ustanovljenim korelacijama, na koje se nailazi u literaturi, mogu se objasniti različitim interpretiranjem rezultata, pojedinačnim metodama i/ili prisustvom interferirajućih supstanci, kao što su askorbinska kiselina, saharidi i karotenoidi (Alvarez-Jubete i sar., 2010).

Tabela 4.14. Koeficijenti korelacije između antioksidativnih aktivnosti, sadržaja fitohemikalija i HMF uzoraka brašna (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanih i kuvanih taljateła

| Parametar | Polifenoli ukupni | Polifenoli HPLC | DPPH' | Fenolne kiseline (slobodne) HPLC | Fenolne kiseline (vezane) HPLC | Flavonoidi (slobodni) HPLC | Flavonoidi (vezani) HPLC | HMF |
|----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|---|---|----------------------------------|--------------------------------|----------|
| Polifenoli ukupni | 1 | 0,696 | -0,629 | 0,964 | -0,129 | 0,853 | 0,580 | 0,034 |
| Polifenoli HPLC | 0,696 | 1 | -0,482 | 0,680 | 0,542 | 0,921 | 0,837 | 0,143 |
| DPPH' | -0,629 | -0,482 | 1 | -0,601 | 0,078 | -0,565 | -0,557 | -0,699 |
| Fenolne kiseline (slobodne) HPLC | 0,964 | 0,680 | -0,601 | 1 | -0,169 | 0,839 | 0,584 | -0,035 |
| Fenolne kiseline (vezane) HPLC | -0,129 | 0,542 | 0,078 | -0,169 | 1 | 0,190 | 0,261 | 0,026 |
| Flavonoidi (slobodni) HPLC | 0,853 | 0,921 | -0,565 | 0,839 | 0,190 | 1 | 0,841 | 0,151 |
| Flavonoidi (vezani) HPLC | 0,580 | 0,837 | -0,557 | 0,584 | 0,261 | 0,841 | 1 | 0,412 |
| HMF | 0,034 | 0,143 | -0,699 | -0,035 | 0,026 | 0,151 | 0,412 | 1 |

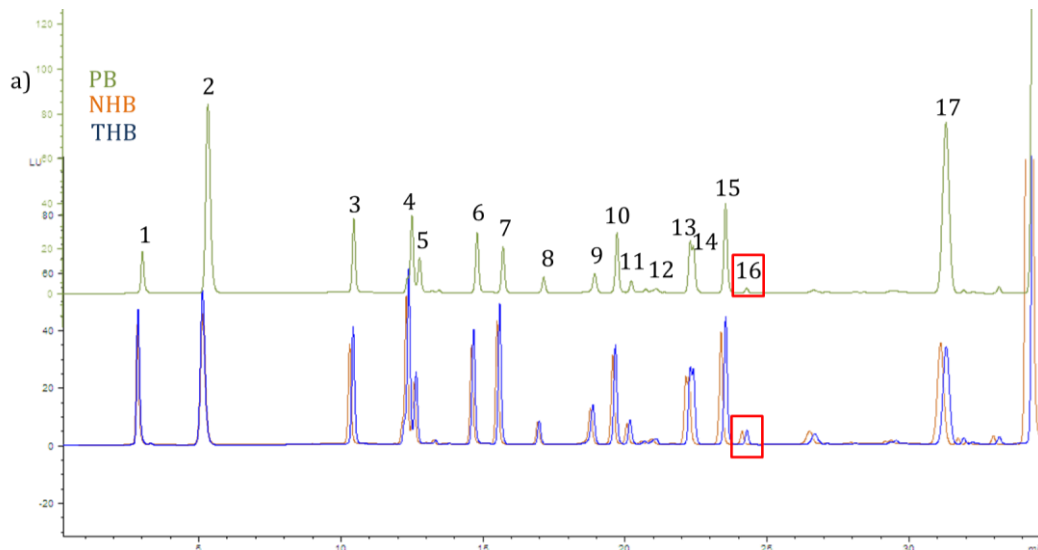
Vrednosti označene crvenom bojom ukazuju na statistički značajnu korelaciju ($P < 0,05$)

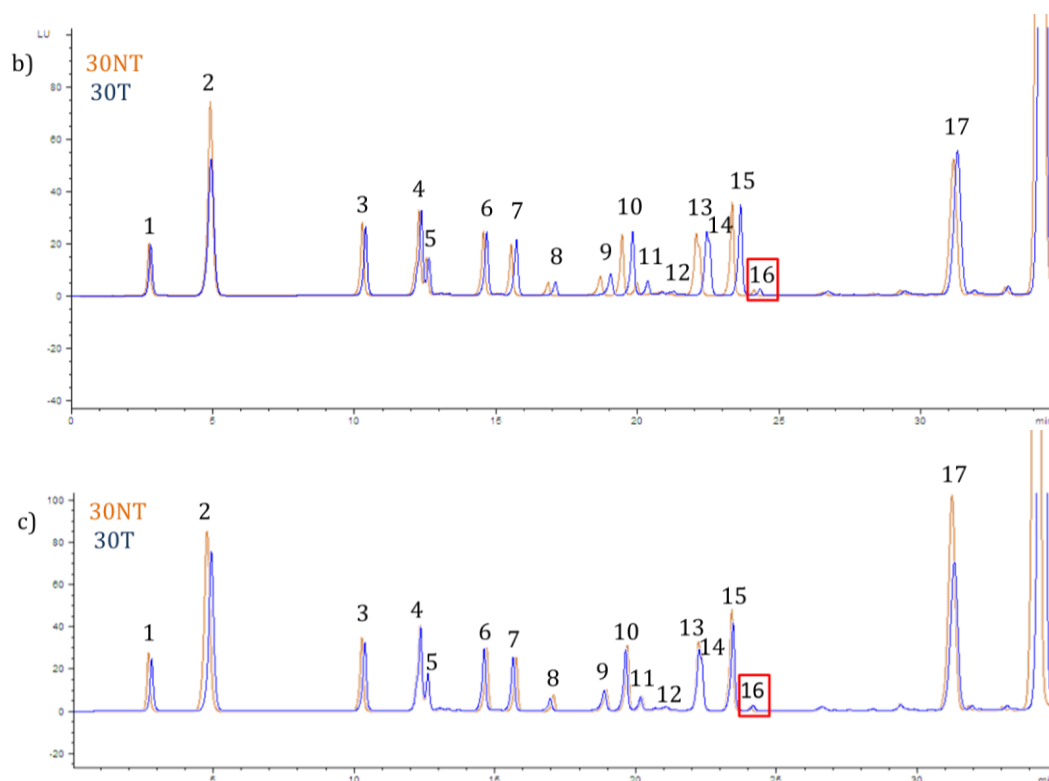
Vrednosti u opsegu 0,31–0,60 ukazuju na umerenu korelaciju, u opsegu 0,61–0,90 ukazuju na jaku korelaciju

4.1.10. HPLC analiza sadržaja aminokiselina

Aminokiselinski potencijal heljde značajan je sa stanovišta korišćenja brašna i mekinja od heljde u obogaćivanju pekarskih, testeničarskih i brašneno-konditorskih proizvoda na bazi pšeničnog brašna (Bonafaccia i sar., 2003a; Manthey i Hall, 2007). Istraživanja ukazuju da je heljda, kada se govori o biljkama, najbolji poznat izvor visoko biološki vrednih proteina (Pomeranz i Robbins, 1972). Tehnikom tačne hromatografije visoke rezolucije identifikovano je i kvantifikovano 17 aminokiselina, od kojih su 8 esencijalne (Slika 4.11). Profil aminokiselinskog sastava uzoraka brašna (integralno pšenično, netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno), nekuvanih i kuvanih taljateła prikazan je u Tabeli 4.15. i na Slikama 4.12. i 4.13.

Ukupni sadržaj identifikovanih aminokiselina u ispitivanim brašnima kreće se u opsegu 226,9–247,6 g/kg s.m. (Tabela 4.15), pri čemu netretirano integralno heljdino brašno ima značajno ($P < 0,05$) najviši ukupan sadržaj aminokiselina, dok je ukupan sadržaj aminokiselina u autoklaviranom integralnom heljdinom i integralnom pšeničnom brašnu gotovo na istom nivou i za oko 8% niži u odnosu na netretirano integralno heljdino brašno. Poredeći dva integralna heljdina brašna, u autoklaviranom integralnom heljdinom brašnu uočava se niži sadržaj svih ispitivanih aminokiselina u opsegu od 1,2% do oko 19%, pri čemu je najveća razlika u sadržaju izoleucina i prolina.





Slika 4.11. HPLC hromatogram sadržaja aminokiselina u brašnima (a), nekuvanim (b) i kuvanim taljateljama (c)

1–asparaginska kiselina, 2–glutaminska kiselina, 3–serin, 4–histidin, 5–glicin, 6–arginin, 7–alanin, 8–tirozin, 9–cistin, 10–valin, 11–metionin, 12–triptofan, 13–fenilalanin, 14–izoleucin, 15–leucin, 16–lizin, 17–prolin

Proteini oba integralna heljdina brašna imaju značajno ($P < 0,05$) viši sadržaj asparaginske kiseline, histidina, arginina, tirozina, valina i glicina, dok je sadržaj glutaminske kiseline i prolina značajno viši u integralnom pšeničnom brašnu. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa objavljenim rezultatima Pomeranz i Robbins (1972). Ikeda i sar. (1991) relativno nizak sadržaj prolina i glutaminske kiseline u heljdinom brašnu objašnjavaju činjenicom da su prolamini, koji su bogati ovim aminokiselinama, u heljdi prisutni u malim količinama.

Tabela 4.15. Sadržaj aminokiselina (g/kg s.m.) u brašnima korišćenim za proizvodnju taljatele

| Aminokiselina | Sadržaj aminokiselina | | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | PB | NHB | THB |
| Asparaginska kiselina | 8,20 ^a ±0,20 | 15,89 ^b ±1,56 | 15,71 ^b ±1,00 |
| Glutaminska kiselina | 60,76 ^b ±3,65 | 35,86 ^a ±3,51 | 33,11 ^a ±4,12 |
| Prolin | 25,67 ^b ±2,14 | 23,80 ^b ±2,14 | 19,49 ^a ±1,31 |
| Histidin | 31,75 ^a ±1,17 | 44,45 ^b ±3,46 | 43,36 ^b ±2,22 |
| Glicin | 3,24 ^a ±0,08 | 4,28 ^b ±0,28 | 4,13 ^b ±0,55 |
| Arginin | 12,52 ^a ±1,11 | 21,89 ^c ±0,99 | 17,24 ^b ±2,92 |
| Alanin | 6,46 ^a ±0,02 | 7,80 ^b ±0,48 | 6,40 ^a ±0,92 |
| Tirozin | 10,20 ^a ±0,91 | 19,56 ^c ±1,21 | 16,28 ^b ±1,36 |

| Aminokiselina | Sadržaj aminokiselina | | |
|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | PB | NHB | THB |
| Cistin | 2,59 ^a ±0,03 | 2,58 ^a ±0,00 | 2,37 ^a ±0,18 |
| Valin | 12,42 ^a ±0,55 | 18,00 ^b ±0,87 | 17,47 ^b ±0,94 |
| Metionin | 10,70 ^a ±0,31 | 11,93 ^b ±0,80 | 11,53 ^{ab} ±1,15 |
| Triptofan | 3,87 ^a ±0,04 | 3,99 ^{ab} ±0,07 | 4,23 ^b ±0,15 |
| Izoleucin | 1,42 ^c ±0,00 | 1,38 ^b ±0,00 | 1,12 ^a ±0,01 |
| Leucin | 6,64 ^a ±0,65 | 7,05 ^a ±0,09 | 6,75 ^a ±0,68 |
| Lizin | 15,64 ^a ±1,01 | 14,95 ^a ±0,68 | 14,39 ^a ±1,11 |
| Fenilalanin | 10,93 ^a ±0,88 | 10,10 ^a ±0,08 | 9,66 ^a ±0,24 |
| Serin | 3,911 ^a ±0,14 | 4,10 ^a ±0,02 | 3,95 ^a ±0,09 |
| SUM | 226,9^A | 247,6^B | 227,2^A |

Vrednosti u istom redu označene različitim malim slovima statistički se značajno razlikuju ($P < 0,05$)

Vrednosti u istom redu označene različitim velikim slovima statistički se značajno razlikuju ($P < 0,05$)

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 3$)

Sadržaj lizina u svim ispitivanim uzorcima brašna ne razlikuje se značajno ($P > 0,05$), što je u saglasnosti sa rezultatima Manthey i Hall (2007), koji su, takođe, zabeležili neznatne razlike u sadržaju lizina u semolini i integralnom heljdinom brašnu. Međutim, u literaturi postoje navodi koji ukazuju na daleko viši sadržaj lizina u heljdinom brašnu u odnosu na pšenično brašno (Campbell, 1997) od onog koji je određen u okviru ove disertacije.

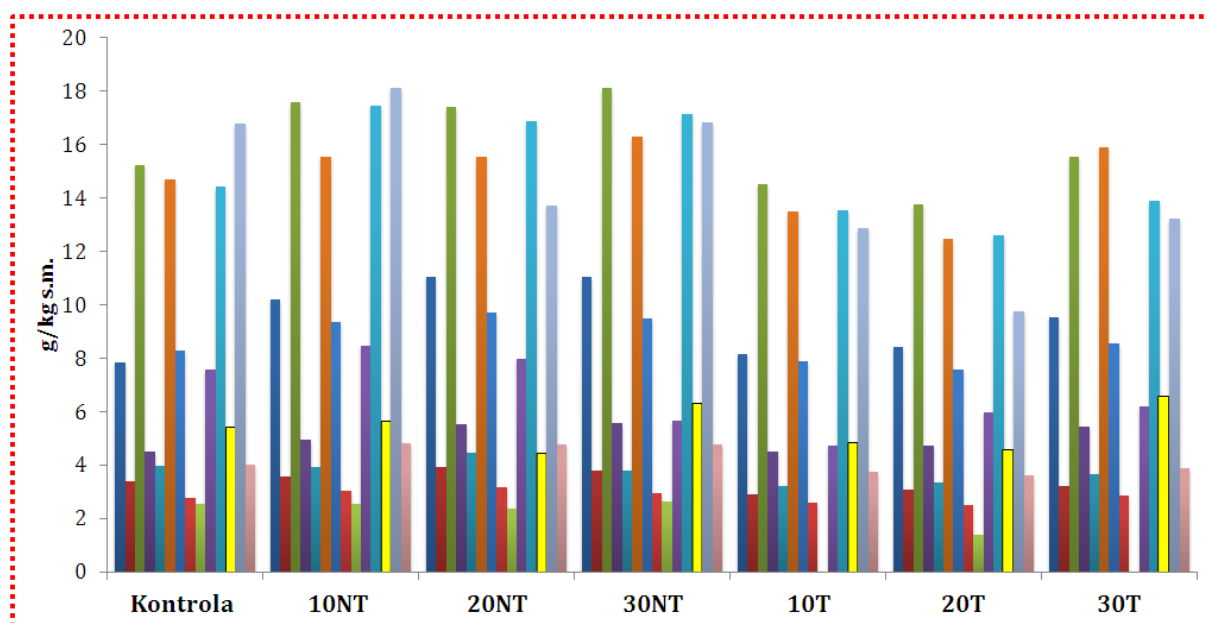
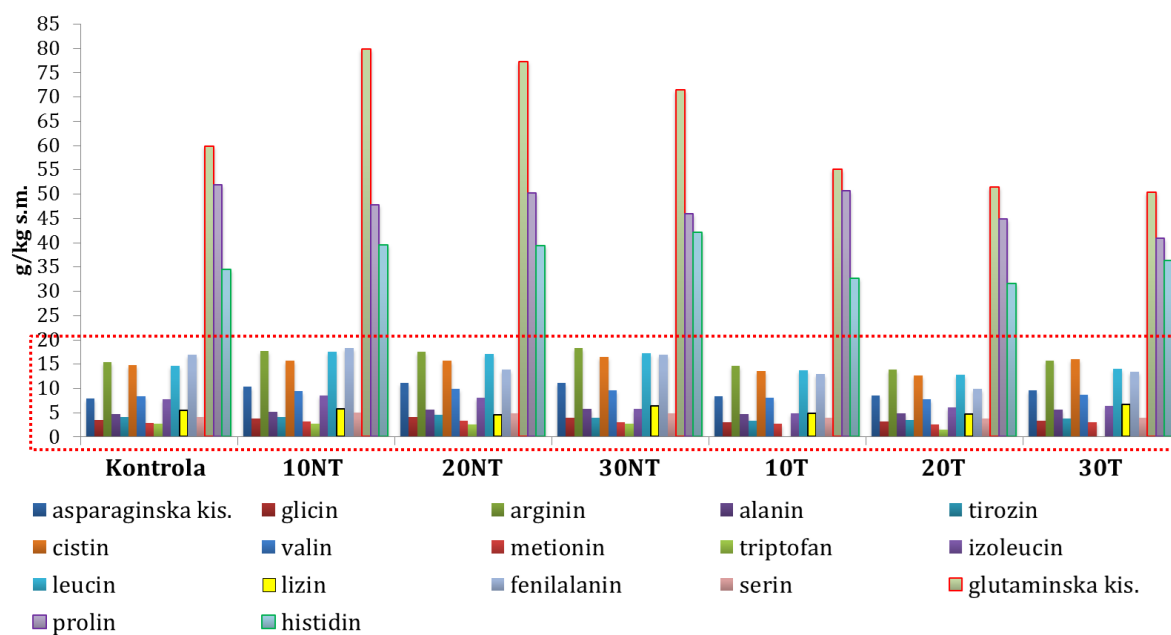
Niži sadržaj lizina u heljdinom brašnu od očekivanog može biti posledica skladištenja zrna heljde. Naime, sadržaj lizina u sušenom proteinu surutke se smanji za oko 8% tokom šest meseci skladištenja na temperaturi od 20 °C, dok se za tri meseca skladištenja na temperaturi od oko 40 °C on smanji za oko 23% (Lindemann-Schneider i Fennema, 1988). Budući da ne raspolažemo podacima o dužini i uslovima pod kojima su se zrna heljde skladištala pre upotrebe, možemo samo da pretpostavimo da je ovo bio jedan od razloga nižeg sadržaja lizina u analiziranim uzorcima integralnog heljdinog brašna od literaturno dostupnih vrednosti. Nešto niži sadržaj lizina u autoklaviranom integralnom heljdinom brašnu u odnosu na netretirano može biti posledica Maillard-ove reakcije između redukujućih šećera i slobodnih amino grupa lizina, pri čemu nastaju proizvodi crvenkaste boje (Manthey i Hall, 2007; Małgorzata i sar., 2016). Ovoj pretpostavci ide u prilog porast udela crvene boje autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (Tabela 4.17).

Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna u formulaciji za taljatele sa stanovišta povećanja sadržaja amiokiselina opravdana je samo u slučaju kada se za supstituciju koristi netretirano integralno heljdino brašno (Slika 4.12). Taljatele koje sadrže u različitim udelima autoklavirano integralno heljdino brašno imaju niži sadržaj svih identifikovanih aminokiselina u odnosu na ostale uzorke taljatelya. Proces proizvodnje uticao je na povećanje ukupnog sadržaja aminokiselina u poređenju sa rezultatima očekivanim na osnovu njihovog sadržaja u brašnima. U svim proizvedenim taljateljama

sadržaj cistina i izoleucina povišen je za preko 80%, prolina za oko 46%, a sadržaj glutaminske kiseline povišen je samo kod taljatela sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna za oko 27%. Wood (2009) sadržaj glutaminske kiseline dovodi u vezu sa snagom glutenske mreže i čvrstoćom testenine, pri čemu je viši sadržaj ove aminokiseline detektovan u uzorcima testenina sa većom čvrstoćom. Ovakva korelacija postoji i između rezultata do kojih se došlo u okviru ove doktorske disertacije. Naime, uzorci taljatela sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom imaju značajno viši sadržaj glutaminske kiseline u poređenju sa preostalim uzorcima, a rezultati instrumentalno izmerene čvrstoće ukazuju da su ovi uzorci najčvršći (Tabela 4.16).

Sadržaj lizina u ispitivanim taljatelama redukovan je u odnosu na sadržaj u brašnima od kojih su taljatele napravljene za 57–71%. Slične rezultate zabeležili su i Manthey i Hall (2007), koji su, prateći uticaj procesa proizvodnje špageta na nutritivne pokazatelje kvaliteta, ustanovili da se sadržaj lizina u špagetama smanjuje za 51–66% u odnosu na sadržaj lizina u smeši semolina-brašno od heljdinih mekinja. Treba napomenuti da je sadržaj aminokiselina u uzorcima taljatela kreiranim za potrebe doktorske disertacije određen godinu dana nakon njihove proizvodnje, a taljatele su skladištene na sobnoj temperaturi. Pri ovakvim uslovima, degradacija lizina je i brža nego u samom brašnu. Labuza i saradnici (1982) su ustanovili da se sadržaj lizina redukuje za oko 25% nakon 40 dana skladištenja nudli na sobnoj temperaturi (oko 25 °C). Smanjenje sadržaja lizina delimično je i posledica učešća lizina u Maillard-ovoj reakciji. U prilog ovoj pretpostavci ide povećan sadržaj HMF u nekuvanim taljatelama u odnosu na njegov sadržaj u brašnima (Tabele 4.10 i 4.11), kao i povećanje udela crvene boje taljatela u odnosu na boju brašna (Tabela 4.17).

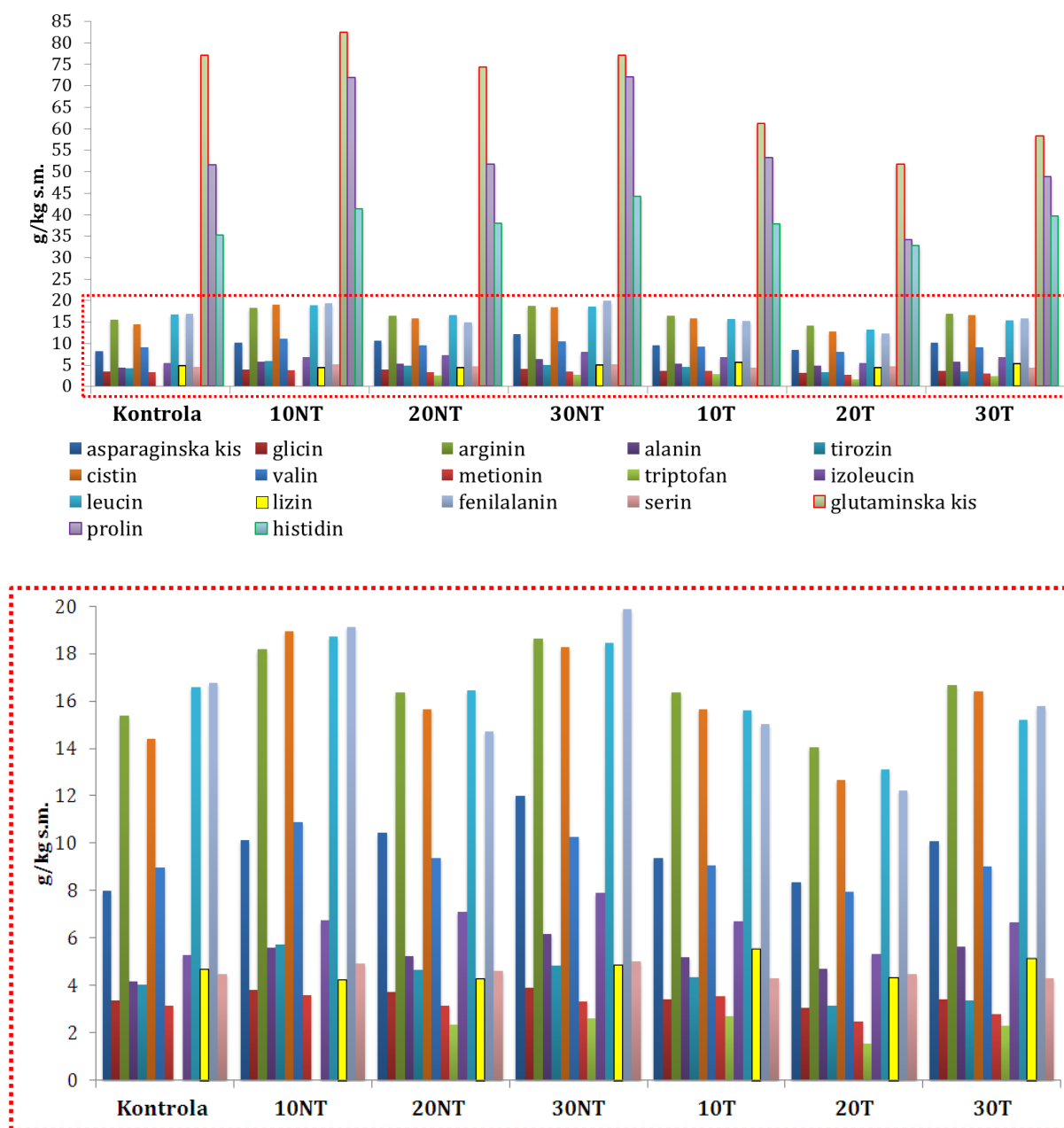
Kuvanjem se sadržaj većine aminokiselina povećava (Slika 4.13), što ukazuje da tokom kuvanja dolazi do denaturacije velikih proteina, odnosno njihove delimične hidrolize koja je praćena porastom sadržaja slobodnih aminokiselina. Sa druge strane, Manthey i Hall (2007) smatraju da je povećanje sadržaja proteina i aminokiselina posledica većih gubitaka skroba, šećera i neskrobnih polisaharida u vodu od kuvanja u poređenju sa gubicima proteina. Povećanje ukupnog sadržaja aminokiselina najveće je u uzorcima taljatela sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10–26%).



Slika 4.12. Sadržaj aminokiselina (g/kg s.m.) u nekuvanim taljatelama

Iako literaturni podaci ukazuju na povećanje sadržaja lizina do čak 68% nakon kuvanja špageta od semoline sušenih na 90 °C (Manthey i Hall, 2007), dobijeni rezultati ukazuju da dolazi do smanjenja njegovog sadržaja u gotovo svim uzorcima kuvanih taljatelama u opsegu od 3 do 24% za uzorke sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom, od 5 do 21% za uzorke sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom i za oko 5% u kontrolnom uzorku. Jedino se u uzorku sa 10% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10T) uočava povećanje sadržaja lizina za oko 13%. Između ovih rezultata i rezultata dobijenih za sadržaj HMF može se povući paralela. Naime, u uzorku 10T, u kome je sadržaj lizina nakon kuvanja povećan, sadržaj HMF je niži nego u nekuvanoj testenini, što ukazuje da se u ovom uzorku Maillard-ova reakcija verovatno nije odvijala.

Sa druge strane, relativno veća redukcija sadržaja lizina nakon kuvanja uzoraka taljatelata sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom praćena je značajnim povećanjem sadržaja HMF.



Slika 4.13. Sadržaj aminokiselina (g/kg s.m.) u kuvanim taljateljama

4.2. REZULTATI ODREĐIVANJA FIZIČKIH OSOBINA PROIZVEDENIH TALJATELA

4.2.1. Kvalitet kuvanih taljatele

Fenomeni koji se dešavaju tokom kuvanja testenine dovode do stvaranja kompleksne porozne strukture proteinske mreže sa zarobljenim nabubrelim granulama skroba, koja kao takva omogućava razmenu čvrstih materija i vode tokom kuvanja. Zanimljivo je istaći da se apsorpcija vode od strane proteina i skroba tokom kuvanja ne odvija istom brzinom (Bustos i sar., 2015). Proteini u prisustvu vode počinju da hidratišu, povećava im se zapremina i dolazi do naprezanja testenine koje je praćeno stvaranjem pukotina na površini i u unutrašnjosti testenine. Apsorpcija vode kroz proteinski matriks stvara difuzioni gradijent, koji se formira od površine ka centralnom delu testenine, a tokom njegovog nastanka dolazi do bubrenja i želatinizacije skroba. Sve ove promene u strukturi matriksa dovode do omekšavanja testenine (Bustos i sar., 2015).

Hidratacija proteina i granula skroba dešavaju se pri istim temperaturnim opsezima i sadržaju vlage, što znači da se bubrenju skroba protivi formiranje proteinskog matriksa. Dominacija jednog od ova dva fenomena definiše ponašanje testenine tokom kuvanja. Ukoliko je koagulacija proteina dominantna, formiraće se snažan proteinski matriks, sa inkorporiranim skrobnim granulama, kroz koji će voda sporo prodirati, usled čega će se želatinizacija odvijati postepeno, pa će, posledično ovome, testenina biti dobrog kvaliteta. Sa druge strane, ukoliko se bubrenje i solubilizacija skroba brže odvijaju, amiloza će se osloboditi u vodu od kuvanja, a amilopektin će zaostati na površini testenine i povećaće njenu lepljivost. Jasno je da se u ovom slučaju dobija testenina lošeg kvaliteta (Bustos i sar., 2015).

Pomenuti procesi se dodatno usložnjavaju kada se u formulaciju testenine uključi i neka dodatna sirovina, čija struktura i osobine mogu da doprinesu pogoršanju tehnološkog kvaliteta testenine (Bustos i sar., 2015). Imajući ovo u vidu, jedan od ciljeva doktorske disertacije bio je i da se sagleda uticaj supstitucije integralnog pšeničnog brašna integralnim heljadinim brašnima, u količini od 10% do 30%, na krajnji kvalitet testenine oblika taljatele. U tu svrhu, određeni su parametri na osnovu kojih se definiše kvalitet testenine prilikom kuvanja, pre svega optimalno vreme kuvanja, procenat raskuvavanja, povećanje zapremine, količina apsorbirane vode i stepen bubrenja uzoraka taljatele (Tabela 4.16).

4.2.1.1. Optimalno vreme kuvanja taljatele

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da se optimalno vreme kuvanja taljatele skratilo sa dodatkom netretiranog integralnog heljadinog brašna u formulaciju testenina za oko 4,5–10,5% u zavisnosti od primenjenog nivoa supstitucije (Tabela 4.16). Smanjenje

optimalnog vremena kuvanja je još izraženije kada je u pitanju testenina koja sadrži autoklavirano heljdino brašno. Dodatkom ovog brašna vreme kuvanja se skraćuje za oko 15,9–23,5%, u zavisnosti od nivoa supstitucije. Iz prethodno navedenih činjenica, može se zaključiti da je skraćenje optimalnog vremena kuvanja posledica narušavanja glutenskog matriksa usled dodatka integralnog heljdinog brašna u formulaciju taljatele. Osim toga, dodatno skraćenje optimalnog vremena kuvanja u slučaju taljatele sa autoklaviranim heljdinim brašnom može se objasniti i smanjenim sadržajem proteina u ovim uzorcima (Tabela 4.1), što dodatno doprinosi narušavanju proteinske mreže. Slična zapažanja o uticaju dodatka belog ili integralnog heljdinog brašna u formulaciju za testeninu na skraćenje optimalnog vremena kuvanja izneli su i Choy i sar. (2013), Chillo i sar. (2008a) i Manthey i sar. (2004).

Tabela 4.16. Parametri kvaliteta kuvanih uzoraka taljatele

| <i>Uzorci</i> | <i>Optimalno vreme kuvanja (s)</i> | <i>R (%) Procenat raskuvavanja</i> | <i>X- Koeficijent povećanja zapremine</i> | <i>WA(%) Apsorpcija vode</i> | <i>SI (%) Stepen bubrenja</i> |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| Kontrola | 660 ^e ± 21,7 | 5,91 ^a ± 0,1 | 2,93 ^b ± 0,0 | 120 ^{ab} ± 2,0 | 1,37 ^b ± 0,1 |
| 10NT | 630 ^{cd} ± 14,8 | 6,19 ^b ± 0,1 | 2,78 ^{ab} ± 0,1 | 144 ^c ± 4,3 | 1,36 ^b ± 0,1 |
| 20NT | 615 ^c ± 30,2 | 6,63 ^b ± 0,1 | 2,82 ^{ab} ± 0,1 | 145 ^c ± 3,1 | 1,34 ^b ± 0,0 |
| 30NT | 591 ^b ± 20,6 | 7,26 ^c ± 0,2 | 2,84 ^{ab} ± 0,1 | 157 ^d ± 2,2 | 1,20 ^a ± 0,0 |
| 10T | 555 ^a ± 19,8 | 8,11 ^{cd} ± 0,1 | 2,80 ^{ab} ± 0,1 | 118 ^a ± 1,2 | 1,60 ^c ± 0,2 |
| 20T | 517 ^a ± 12,5 | 8,31 ^d ± 0,1 | 2,82 ^{ab} ± 0,1 | 124 ^b ± 3,2 | 1,70 ^c ± 0,2 |
| 30T | 505 ^a ± 20,1 | 9,17 ^d ± 0,2 | 3,08 ^c ± 0,2 | 142 ^c ± 4,0 | 1,77 ^c ± 0,1 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju. Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 5$)

4.2.1.2. Procenat raskuvavanja taljatele

Procenat raskuvavanja testenine ukazuje na gubitak čvrstih materija do kojih dolazi tokom kuvanja testenine. Ovaj parametar je, takođe, indikator sposobnosti proteinsko-skrobnog matriksa da zadrži fizičke osobine testenine tokom kuvanja. Prema procentu raskuvavanja, a na osnovu kategorija kvaliteta predloženih od strane Kaluđerskog i Filipovićeve (1990), proizvedene taljatele sa dodatkom netretiranog integralnog heljdinog brašna mogu se okarakterisati kao testenina sa dobrim osobinama kuvanja (procenat raskuvavanja između 6 i 8), dok taljatele sa dodatkom autoklaviranog integralnog heljdinog brašna imaju nešto lošije, ali i dalje zadovoljavajuće osobine kuvanja u pogledu ovog pokazatelja (procenat raskuvavanja između 8 i 10). Uzorak kontrolne taljatele ispoljio je vrlo dobre osobine kuvanja (procenat raskuvavanja < 6), što svakako ide u prilog prethodno iznetim činjenicama vezanim za uticaj polazne sirovine (Tabela 4.16).

Povećanje gubitaka materija pri kuvanju testenine koje sadrže integralno heljdino brašno, pored toga što je izazvano slabljenjem glutenske mreže i obrazovanjem pukotina

kroz koje se voda i čvrste materije lakše razmenjuju, može se objasniti i povišim sadržajem prehrambenih vlakana u ispitivanim uzorcima taljatela. Naime, vlakna ostvaruju uzajamno dejstvo sa proteinsko-skrobnom mrežom, dovodeći do njenog slabljenja, usled čega se više skroba izlučuje u vodu tokom kuvanja (Aravind i sar., 2012). Shodno ovome, veći sadržaj vlakana u testenini sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom najverovatnije je doprineo i većim gubicima čvrstih materija pri kuvanju ovih uzoraka taljatela. Brennan i sar. (2002) su takođe u svojim istraživanjima utvrdili da gubici materija pri kuvanju variraju u zavisnosti od količine dodatka nerastvornih i rastvornih vlakana u formulaciji testenine. Porast gubitaka materija tokom kuvanja testenine koja sadrži različite količine belog ili integralnog heljdinog brašna u poređenju sa testeninom od pšeničnog brašna zabeležili su i Alamprese i sar. (2007), Choy i sar. (2013) i Rayas-Duarte i sar. (1996). Prema istraživanjima ovih autora, prosečni gubici materija pri kuvanju špageta koje sadrže integralno heljdino brašno iznosili su oko 8,0%, a za špagete sa belim heljdinim brašnom oko 7,2%, što je više u odnosu na špagete od durum brašna (gubitak materije oko 6,4%) i špagete od semoline (gubitak materije oko 6,5%). Budući da se smatra da je testenina od durum krupice zadovoljavajućeg kvaliteta ukoliko gubici materija pri njenom kuvanju nisu veći od 7–8% (Bustos i sar., 2011; Kaluđerski i Filipović, 1990) možemo zaključiti da su uzorci ispitivanih taljatela prihvatljivi sa stanovišta ovog parametra.

4.2.1.3. Povećanje zapremine taljatela pri kuvanju

Rezultati merenja zapremine svih ispitivanih uzoraka taljatela pre i nakon kuvanja (Tabela 4.16) ukazuju da se tokom kuvanja zapremina taljatela uvećala oko tri puta, sa vrednostima ovog parametra u opsegu vrednosti od 2,78 do 3,08, što je slično sa vrednostima dobijenim za špagete od semoline (Dick i Youngs, 1988). Pri tome, svi ispitivani uzorci taljatela, osim uzorka 30T, su na istom nivou povećanja zapremine u odnosu na kontrolni uzorak taljatela.

4.2.1.4. Količina apsorbovane vode i stepen bubrenja tokom kuvanja taljatela

Količina vode koja se apsorbuje tokom kuvanja testenine dovodi se u vezu sa bubrenjem i želatinizacijom skroba. Ovaj parametar, osim što uzima u obzir količinu vode koja se apsorbuje tokom kuvanja, odnosi se i na gubitke materije u vodu od kuvanja (Nouvinaire i sar., 2008). Sa druge strane, stepen bubrenja je dobar indikator očuvanosti proteinskog matriksa koji ukazuje na činjenicu koliko je sposoban formirani proteinski matriks da spreči prodiranje vode u strukturu testenine. Smatra se da je testenina prihvatljivog kvaliteta ukoliko je apsorpcija vode u intervalu 150–200 g vode/100 g testenine i ako je njen stepen bubrenja oko 1,80 (Bustos i sar., 2015). Iako se ovi kriterijumi odnose na tradicionalnu durum testeninu, na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 4.16, može se

zaključiti da su svi uzorci proizvedenih taljatele u navedenim opsezima, odnosno može se smatrati da su prihvatljivog kvaliteta sa stanovišta posmatranih parametara.

Prisustvo heljdinog brašna u formulaciji taljatele značajno ($P < 0,05$) utiče na sposobnost apsorpcije vode, odnosno sa povećanjem udela oba integralna heljdina brašna u formulacijama taljatele, apsorpcija vode se povećava. Ovakvi rezultati su razumljivi, s obzirom da male skrobne granule heljde imaju veliku površinu i veliki kapacitet apsorpcije vode (Hatcher i sar., 2008). U uzorcima sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom apsorpcija vode je značajno ($P < 0,05$) veća u odnosu na kontrolni i uzorke taljatele koje sadrže autoklavirano integralno heljdino brašno u različitim udelima. Značajno ($P < 0,05$) manja sposobnost apsorpcije vode registrovana kod uzoraka taljatele sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna može biti posledica fizičko-hemijskih modifikacija koje su nastale u strukturi polazne sirovine heljdinog zrna usled dejstva povišene temperature i pritiska tokom procesa autoklaviranja. Nastale promene mogu se dovesti u vezu sa smanjenjem aktivnih mesta koja obezbeđuju vezivanje molekula vode, usled čega dolazi do smanjenja sposobnosti apsorpcije vode (Mazza i Lemaguer, 1980). Slična zapažanja o uticaju hidrotermičkog tretmana na sposobnost apsorpcije vode izneli su i Zarguili i sar. (2006) ispitujući ponašanje kukuruznog skroba, kao i Nouviaire i sar. (2008), ispitujući kvalitet kuvane testenine sa jajima.

Većina istraživača koja se bavila ispitivanjem parametara kuvanja testenine, ukazala je na činjenicu da dodatak pšeničnih i ovsenih mekinja u formulaciju testenine dovodi do smanjenja apsorpcije vode zbog slabije dostupnog skroba i povećanog sadržaja vlakana (Aravind i sar., 2012; Bagdi i sar., 2014; Bustos i sar., 2011; Sudha i sar., 2012). Međutim, u svim navedenim istraživanjima praćen je uticaj različitog sadržaja mekinja na parametre kuvanja testenina od durum ili meke pšenice. Kada su u pitanju taljatele koje su proizvedene za potrebe ove doktorske disertacije, generalno gledano, sadržaj mekinja je nepromenjen, samo su pšenične zamenjene mekinjama heljde. Međutim, postojanje razlika u strukturi ove dve vrste mekinja, usled različitog sadržaja rastvorljivih prehrambenih vlakana u mekinjama heljde (77–92 mg/g u mekinjama heljde u odnosu na 43 mg/g u mekinjama pšenice) (Ahmed i sar., 2014), a potom i sadržaj i osobine skroba, svakako da imaju velikog uticaja na sposobnost apsorpcije vode, te se na ovaj način može objasniti povećana apsorpcija vode uzoraka taljatele sa integralnim heljdinim brašnima, osim u slučaju uzorka 10T (Tabela 4.16) u poređenju sa kontrolnim uzorkom od integralnog pšeničnog brašna.

Nadalje, supstitucija integralnog pšeničnog brašna netretiranim integralnim heljdinim brašnom nema značajnog uticaja na promene stepena bubrenja, ali se sa povećanjem procenta supstitucije može primetiti slab pad u vrednostima ovog pokazatelja. Sa druge strane, kod uzoraka taljatele kod kojih je supstituent bilo autoklavirano heljdino brašno, stepen bubrenja je značajno ($P < 0,05$) viši i povećava se sa porastom nivoa supstitucije. Naime, pretpostavlja se da je kod zrna heljde koja su bila autoklavirana i izložena dejstvu povišene temperature i visokog pritiska (120 °C i 0,2 MPa) došlo do prethodne

želatinizacije skroba, koja je uslovala promene u strukturi i stvaranje kristalne forme. Vallons i Arendt (2009) su ustanovili da je kod skroba u uzorcima heljde, koji su prethodno tretirani visokim pritiskom ili povišenom temperaturom, došlo do promena u njegovoj strukturi. U pomenutom istraživanju, pri temperaturi od 75 °C došlo je do konverzije karakteristične strukture skrobnih granula u nekarakterističnu, sunderastu strukturu. Osim toga, Nouviaire i sar. (2008) navode da je još jedan od razloga povećanog bubrenja skroba narušavanje proteinske mreže, koja je kod uzoraka taljatelya sa autoklaviranim integralnim heljdim brašnom najverovatnije oštećena usled značajne ($P < 0,05$) redukcije sadržaja proteina (Tabela 4.1).

Analiza dobijenih rezultata ukazuje da sa povećanjem nivoa supstitucije netretiranim integralnim heljdim brašnom stepen bubrenja taljatelya opada, iako se apsorpcija vode povećava, dok je u slučaju supstitucije autoklaviranim integralnim heljdim brašnom veza između ova dva parametra direktno proporcionalna. Pretpostavlja se da u prvom slučaju vodu vezuju vlakna koja formiraju mrežu oko skrobnih granula, čime je skrob zaštićen i sprečeno je njegovo prekomerno bubrenje (Bustos i sar., 2011), što se odražava i na manje gubitke tokom kuvanja. Sa druge strane, iako je u uzorcima taljatelya sa autoklaviranim integralnim heljdim brašnom određen veći sadržaj ukupnih vlakana (Tabela 4.1), što je, pretpostavlja se, posledica povećanog sadržaja nerastvornih vlakana u obliku retrogradnog skroba, koja nisu dovela do vezivanja vode i time sprečila povećano bubrenje i želatinizaciju skroba tokom kuvanja.

4.2.2. Boja taljatelya

Boja je psih-fizički fenomen i nastaje kao rezultat interakcije između izvora svetlosti, objekta koji se posmatra, oka i mozga. Prema CIEL^{*}a^{*}b^{*} sistemu, boju nekog prehrambenog proizvoda možemo brojčano iskazati na osnovu L^* (svetloća), a^* (udeo crvene/zelene boje) i b^* (udeo žute/plave boje) vrednosti. Osim toga, boju možemo dodatno definisati na osnovu ugla boje (h), koji upućuje na određenu nijansu boje iz spektralnog kruga (<http://www.konicaminolta.eu>).

Boja testenine je jedan od najvažnijih faktora za procenu njenog kvaliteta. Ona može da ukaže da je primenjen neadekvatan proces proizvodnje ili da je upotrebljena sirovina lošeg kvaliteta za njenu proizvodnju. Sa druge strane, boja testenine može biti relevantan pokazatelj za procenu nutritivnog kvaliteta, kao i prihvatljivost od strane potrošača. Kada se govori o boji testenine, prvo se pomisli na intenzivno žutu boju durum testenine, koja potiče od količine prisutnih karotenoidnih pigmenta u polaznoj sirovini. Međutim, u slučaju testenine pripremljene od integralnih brašna pšenice ili nekih drugih žita, poput heljde, prevashodno se misli o nijansama braon boje. Prihvatanje ovakvih boja za posebne vrste testenina od strane potrošača, od posebnog je značaja, jer i danas postoje predubeđenja kada je tamna boja testenine u pitanju.

Ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije obuhvatila su određivanja boje taljatela (nekuvanih i kuvanih), kao i sirovina korišćenih za njihovu pripremu. Boja je izražena preko svetloće boje L^* , pokazatelja hromatičnosti a^* i b^* , kao i promena u intenzitetu braon boje (YI). Promene u boji nastale usled supstitucije integralnog pšeničnog brašna različitim udelima integralnih heljdinih brašna, kao i one nastale tokom kuvanja taljatela, sagledane su na osnovu vrednosti ΔE .

4.2.2.1. Boja nekuvanih taljatela

Sve proizvedene taljatele imale su boju u opsegu od bež do braon nijanse. Rezultati određivanja boje boje nekuvanih uzoraka testenine i brašna korišćenih za njihovu pripremu, prikazani su u Tabeli 4.17. Shodno povećanju dodate količine integralnih heljdinih brašna u formulacijama taljatela, značajno ($P < 0,05$) su se snizile vrednosti pokazatelja svetloće (L^*), odnosno boja ovih taljatela je tamnija. Ovakvi rezultati bili su i očekivani, s obzirom da je integralno pšenično brašno značajno ($P < 0,05$) svetlije u poređenju sa oba integralna heljdina brašna. Trend smanjenja svetloće različitih proizvoda u kojima je dodato heljdino brašno zabeležen je od nekolicine autora (Bilgiçli, 2009b; Chillo i sar., 2008a; Choy i sar., 2013; Rayas-Duarte i sar., 1996; Sedej, 2011).

Poredeći rezultate za boju taljatela dobijenih dodatkom integralnih heljdinih brašna, uočava se veće smanjenje svetloće, tj. povećanje intenziteta braon boje kod taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom (Tabela 4.17). Pretpostavka je da su pomenute razlike posledica nastanka obojenih proizvoda Maillard-ove reakcije, do koje dolazi između redukujućih šećera i aminokiselina na povišenoj temperaturi i u prisustvu vlage, odnosno pri uslovima koji su vladali tokom procesa autoklaviranja (Acquistucci, 2000). Dokaz da se Maillard-ova reakcija odigravala tokom hidrotermičke obrade (autoklaviranja) zrna heljde može se sagledati na osnovu rezultata za sadržaj hidrosimetilfurfurala (HMF) (Tabele 4.10 i 4.11), jednog od pokazatelja odvijanja Maillard-ove reakcije (Capuano i Fogliano, 2011; Gallegos-Infante i sar., 2010). Shodno tome, sadržaj HMF je značajno ($P < 0,05$) viši i u uzorcima taljatela sa autoklaviranim heljdinim brašnom. Tvrdnji o odigravanju Maillard-ove reakcije ide u prilog i činjenica da je u uzorcima taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom udeo crvene boje (a^*), koji se direktno dovodi u vezu sa razvojem Maillard-ove reakcije (Acquistucci, 2000; Oliver i sar., 1993), nešto veći nego kod uzoraka taljatela sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom. Značajno smanjenje udela žute boje zabeleženo je u uzorcima taljatela koje sadrže integralna heljdina brašna u većoj koncentraciji (20NT, 30NT i 20T) u odnosu na kontrolu.

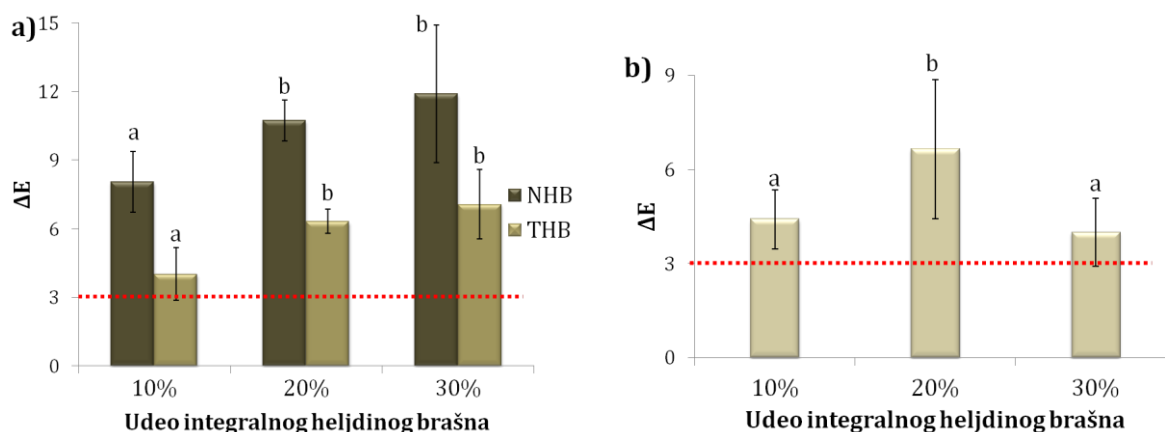
Tabela 4.17. Boja uzoraka brašna korišćenih u formulacijama za taljatele i nekuvanih taljatele

| Uzorci | L^* | a^* | b^* | h | YI |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Integralna brašna | | | | | |
| PB | 87,10 ^c ±0,57 | 1,29 ^a ±0,17 | 10,66 ^b ±0,61 | 83,09 ^c ±0,71 | 17,49 ^a ±1,07 |
| NHB | 73,25 ^b ±0,70 | 1,68 ^b ±0,08 | 9,80 ^a ±0,21 | 80,25 ^b ±0,35 | 19,12 ^{ab} ±0,50 |
| THB | 69,68 ^a ±0,81 | 1,89 ^c ±0,07 | 9,85 ^a ±0,07 | 79,14 ^a ±0,41 | 20,20 ^b ±0,24 |
| Nekuvane taljatele | | | | | |
| Kontrola | 49,77 ^e ±1,22 | 8,27 ^b ±0,41 | 18,90 ^b ±0,29 | 66,39 ^{ab} ±0,77 | 54,28 ^a ±1,91 |
| 10NT | 45,98 ^d ±0,51 | 7,51 ^{ab} ±0,19 | 17,97 ^{ab} ±0,32 | 67,34 ^c ±0,20 | 55,85 ^{ab} ±0,89 |
| 20NT | 44,12 ^{cd} ±0,70 | 7,16 ^a ±0,47 | 16,56 ^a ±0,86 | 66,63 ^{abc} ±0,33 | 53,60 ^a ±2,01 |
| 30NT | 43,26 ^c ±0,81 | 7,00 ^a ±0,19 | 16,68 ^a ±0,41 | 67,25 ^{bc} ±0,31 | 55,08 ^a ±1,96 |
| 10T | 41,77 ^{ac} ±1,50 | 7,67 ^{ab} ±0,38 | 18,33 ^b ±1,10 | 67,28 ^c ±0,31 | 62,66 ^{cd} ±1,82 |
| 20T | 39,37 ^{ab} ±0,42 | 7,39 ^a ±0,22 | 16,56 ^a ±0,40 | 66,29 ^{abc} ±0,17 | 66,58 ^d ±2,42 |
| 30T | 37,96 ^a ±2,07 | 7,77 ^{ab} ±0,42 | 17,69 ^{ab} ±1,07 | 66,29 ^{bc} ±0,17 | 60,11 ^{bc} ±1,91 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija ($n = 20$)

Sagledavajući rezultate dobijene za intenzitet braon boje (YI) brašana korišćenih za supstituciju u formulaciji za taljatele (Tabela 4.17), samo autoklavirano integralno heljdino brašno ima značajno ($P < 0,05$) intenzivniju braon boju od integralnog pšeničnog brašna. Povećanje intenziteta braon boje usled procesa autoklaviranja verovatno je posledica nastanka obojenih proizvoda Millard-ove reakcije, melanoidina (Helou i sar., 2016), koji taljatelama koje sadrže autoklavirano integralno heljdino brašno u različitim udelima, daju intenzivniju braon boju. Ovi uzorci imaju značajno ($P < 0,05$) intenzivniju braon boju u poređenju sa ostalim ispitivanim uzorcima taljatele. Povećanje intenziteta braon boje tokom termičke obrade različitih namirnica zabeležili su i Delgado-Andrade i sar. (2010), a objašnjavaju ga prisustvom proizvoda neenzimskog tamnjenja.

Razlika u boji taljatele koja je nastala supstitucijom dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnjima dobro se vidi i ljudskim okom (o čemu svedoče i dobijene vrednosti za parametar ΔE koje su bile veće od 3) (Schläpfer, 2002) i statistički su značajne ($P < 0,05$) (Slika 4.14a). Takođe, razlike u boji taljatele koje sadrže različita integralna heljdina brašna su jasno izražene, a statistički značajna ($P < 0,05$) razlika je vidljiva samo kada je supstitucija integralnog pšeničnog brašna sprovedena sa 20% integralnog heljdinog brašna (Slika 4.14b).



Slika 4.14. Ukupna razlika boje ΔE : a) uzorci taljatelja sa NHB i THB u odnosu na kontrolni uzorak; b) uzorci taljatelja sa NHB u odnosu na taljatele sa THB
 Stubići označeni različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
 Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija ($n = 20$)

4.2.2.2. Boja kuvanih taljatelja

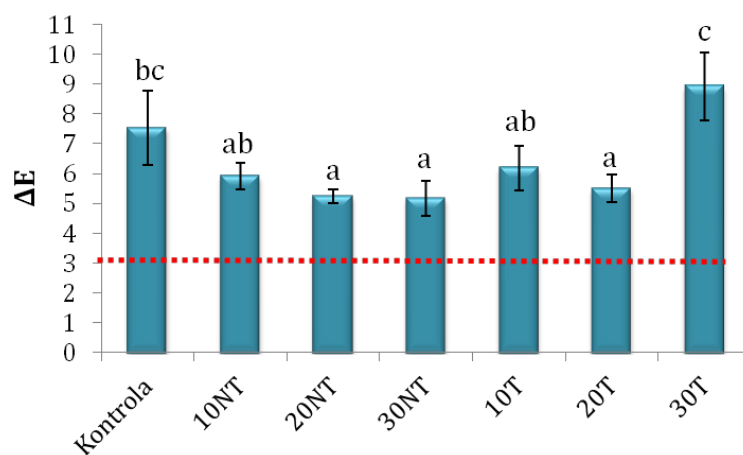
Proces kuvanja taljatelja uticao je na povećanje svetloće i smanjenje učešća žutog tona (b^*), a time i na smanjenje intenziteta braon boje u svim analiziranim uzorcima (Tabele 4.17 i 4.18). Međutim, analiziranjem učešća crvenog tona (a^*) primećeno je da je vrednost ovog parametra uvećana u uzorcima taljatelja sa netretiranim integralnim heljadinim brašnom, dok je u uzorcima sa autoklaviranim integralnim heljadinim brašnom ona smanjena u odnosu na izmerene vrednosti u taljatelama pre kuvanja. Ukoliko se dobijeni rezultati uporede sa sadržajem hidrosimetilfurfurala (HMF) (Tabela 4.11), može se zapaziti postojanje direktne zavisnosti između ova dva parametra. Ista povezanost između intenziteta crvene boje i sadržaja HMF uočena je i kod nekuvanih taljatelja.

Ukupna promena boje koja nastaje tokom procesa kuvanja jasno je uočljiva kod svih ispitivanih uzoraka (Slika 4.15), a najizraženija promena se uočava kod uzorka taljatelja sa najvećim udelom autoklaviranog integralnog heljadinog brašna – 30T ($\Delta E = 8,93$). Takođe, izrazitije, ali ne i statistički značajne ($P < 0,05$), ukupne promene boje nastale su kuvanjem svih uzoraka taljatelja sa autoklaviranim integralnim heljadinim brašnom u odnosu na taljatele sa netretiranim integralnim heljadinim brašnom. Rezultati se mogu dovesti u vezu sa znatno većim gubicima materija pri kuvanju uzoraka taljatelja sa THB, pri čemu u vodu od kuvanja dospevaju proteini, rastvorljivi šećeri, mineralne materije (Jambrec i sar., 2016; Rayes-Duarte i sar., 1996), polifenoli (Jambrec i sar., 2015a), a s obzirom da je HMF dobro rastvorljiv u vodi, moguće je da je tokom kuvanja došlo i do njegovog rastvaranja i posledično do posvetljivanja kuvanih taljatelja u odnosu na nekuvane, budući da prisustvo HMF utiče na karakteristike boje.

Tabela 4.18. Boja uzoraka kuvanih taljatele

| Uzorci | L^* | a^* | b^* | h | YI |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Kuvane taljatele | | | | | |
| Kontrola | 56,31 ^e ±0,81 | 5,44 ^a ±0,27 | 16,49 ^e ±0,59 | 71,72 ^d ±0,88 | 41,86 ^{bc} ±1,86 |
| 10NT | 51,58 ^d ±1,25 | 7,71 ^b ±0,50 | 16,17 ^{de} ±0,94 | 64,51 ^c ±0,82 | 44,80 ^{cd} ±2,79 |
| 20NT | 48,61 ^c ±1,87 | 7,83 ^{bc} ±0,48 | 14,18 ^{bc} ±0,53 | 61,11 ^b ±1,52 | 41,71 ^{bc} ±1,59 |
| 30NT | 46,06 ^b ±2,18 | 7,65 ^b ±0,50 | 12,42 ^a ±0,98 | 58,32 ^a ±1,16 | 38,58 ^a ±3,38 |
| 10T | 44,91 ^{bc} ±1,15 | 7,04 ^{cd} ±0,25 | 12,81 ^{cd} ±0,89 | 61,17 ^b ±1,65 | 46,17 ^d ±3,82 |
| 20T | 45,12 ^a ±1,21 | 6,79 ^d ±0,39 | 11,75 ^b ±0,15 | 59,99 ^a ±1,18 | 45,40 ^d ±2,26 |
| 30T | 44,99 ^{ab} ±1,40 | 7,15 ^b ±0,34 | 12,36 ^a ±0,53 | 59,93 ^{ab} ±1,31 | 40,21 ^{ab} ±2,00 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
 Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 20$)



Slika 4.15. Ukupna razlika boje ΔE nastala kuvanjem taljatele od integralnog pšeničnog i heljadinog brašna

Stubići označeni različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
 Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 20$)

4.2.3. Definisavanje profila teksture nekuvanih i kuvanih taljatele

Tekstura prehrambenih proizvoda može biti ocenjena upotrebom ljudskih čula ili instrumenata. Senzorska ocena teksture nekog proizvoda je najpouzdaniji metod koji može da obezbedi saznanja o teksturnim svojstvima proizvoda koja zadovoljavaju zahteve potrošača u pogledu kvaliteta. Međutim, često je u proizvodnim pogonima neophodno dobiti brze odgovore o osobinama proizvoda, te je umesto složenih, dugotrajnih senzorskih testova potrebno sprovesti jednostavna i brže izvodiva instrumentalna merenja. Stoga su, pored senzorske ocene teksturnih parametara svih ispitivanih vrsta taljatele, prikazanih u odeljku 4.3, primenjena su i instrumentalna merenja teksturnih svojstava nekuvanih i kuvanih taljatele. Dobijeni podaci za teksturu kuvanih taljatele analizirani su metodom analize glavnih komponenti (Principal

Component Analysis – PCA), kako bi se ostvario bolji uvid u odnose između ispitivanih taljatele i posmatranih teksturnih osobina.

4.2.3.1. Teksturna svojstva nekuvanih taljatele

Postoje brojni instrumenti koji se koriste za testiranje jedne ili više teksturnih osobina proizvoda. Brojne instrumentalne tehnike su razvijene za određivanje teksturnih osobina kuvane testenine, ali postoji samo nekoliko tehnika koje se mogu primeniti za određivanje mehaničkih osobina nekuvane testenine i sve su prilagođene za testeninu u obliku špageta. Stoga je bio pravi izazov odrediti određena teksturna svojstva testenine oblika taljatele, koje su bile predmet ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije. Iz tog razloga razvijena je metoda objavljena u radu Jambrecove i sar. (2015b), po kojoj su određena mehanička svojstva teksture proizvedenih taljatele primenom Ottawa ćelije. Dimenzije taljatele korišćenih za testiranje mehaničkih svojstava, kao i rezultati tvrdoće i lomljivosti, prikazani su u Tabeli 4.19.

Tabela 4.19. Dimenzije (cm) i teksturna svojstva [tvrdoća (kg) i lomljivost (kgs)] nekuvanih taljatele

| Uzorci | Dimenzije | | | Mehanička svojstva | |
|----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | Širina* | Debljina* | Dužina* | Tvrdoća** | Lomljivost** |
| Kontrola | 0,89 ^a ± 0,05 | 0,13 ^a ± 0,01 | 12,80 ^b ± 3,21 | 38,80 ^b ± 6,0 | 508 ^c ± 33,0 |
| 10NT | 0,92 ^a ± 0,01 | 0,13 ^a ± 0,00 | 9,22 ^a ± 0,84 | 30,86 ^a ± 3,1 | 433 ^b ± 45,3 |
| 20NT | 0,92 ^a ± 0,01 | 0,13 ^a ± 0,00 | 10,65 ^{ab} ± 2,04 | 27,92 ^a ± 2,1 | 405 ^b ± 39,5 |
| 30NT | 0,91 ^a ± 0,01 | 0,13 ^a ± 0,01 | 11,58 ^{ab} ± 1,90 | 31,55 ^{ab} ± 3,2 | 421 ^b ± 26,8 |
| 10T | 0,89 ^a ± 0,01 | 0,13 ^a ± 0,01 | 14,28 ^c ± 0,52 | 26,42 ^a ± 3,0 | 291 ^a ± 41,3 |
| 20T | 0,89 ^a ± 0,02 | 0,13 ^a ± 0,01 | 12,78 ^b ± 0,86 | 28,09 ^a ± 3,5 | 299 ^a ± 21,3 |
| 30T | 0,89 ^a ± 0,01 | 0,13 ^a ± 0,02 | 12,65 ^b ± 0,42 | 23,49 ^a ± 2,0 | 250 ^a ± 28,4 |

Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

* Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 20$)

** Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± standardna devijacija ($n = 10$)

Mehaničke osobine testenine mogu zavistiti od različitih faktora, pre svih od strukturnih osobina (kompaktnost strukture, hemijske osobine sirovina korišćenih za njenu pripremu, veličina čestica sirovine, način ekstrudiranja i sušenja), ali i od geometrijskih osobina (oblik testenine, prečnik, debljina, širina) (Mariotti i sar., 2011). Sve proizvedene taljatele nisu se statistički razlikovale po širini i debljini, ali su taljatele sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdnog brašna bile nešto kraće u poređenju sa ostalim ispitivanim taljatelama. Ovo saznanje je bilo preduslov da pretpostavimo da su sve zabeležene razlike u mehaničkim svojstvima posledica različitih formulacija taljatele.

Dodatak oba integralna heljdina brašna u formulaciju za taljatele doprineo je značajnom ($P < 0,05$) smanjenju tvrdoće i lomljivosti proizvedenih taljatele u poređenju sa

kontrolnim uzorkom. Pored prethodno navedenih činilaca koji mogu uticati na mehaničke osobine testenine, istraživanja su pokazala da kvalitet teksturnih osobina nekuvane testenine zavisi od sadržaja proteina i snage glutena (Ames i sar., 2003; De Noni i Pagani, 2010). Nadalje, Pomeranz (1988) smatra da previše jaka glutenska mreža čini osušenu testeninu veoma lomljivom, iz čega se može zaključiti da će testenina sa slabijom glutenskom mrežom biti manje lomljiva. Budući da se sa dodatkom bezglutenskog integralnog heljdnog brašna ukupni sadržaj glutena smanjio, te da je, pretpostavlja se, došlo do narušavanja proteinske mreže, zabeleženi manja tvrdoća i lomljivost obogaćenih taljatelja, mogu se objasniti ovom činjenicom.

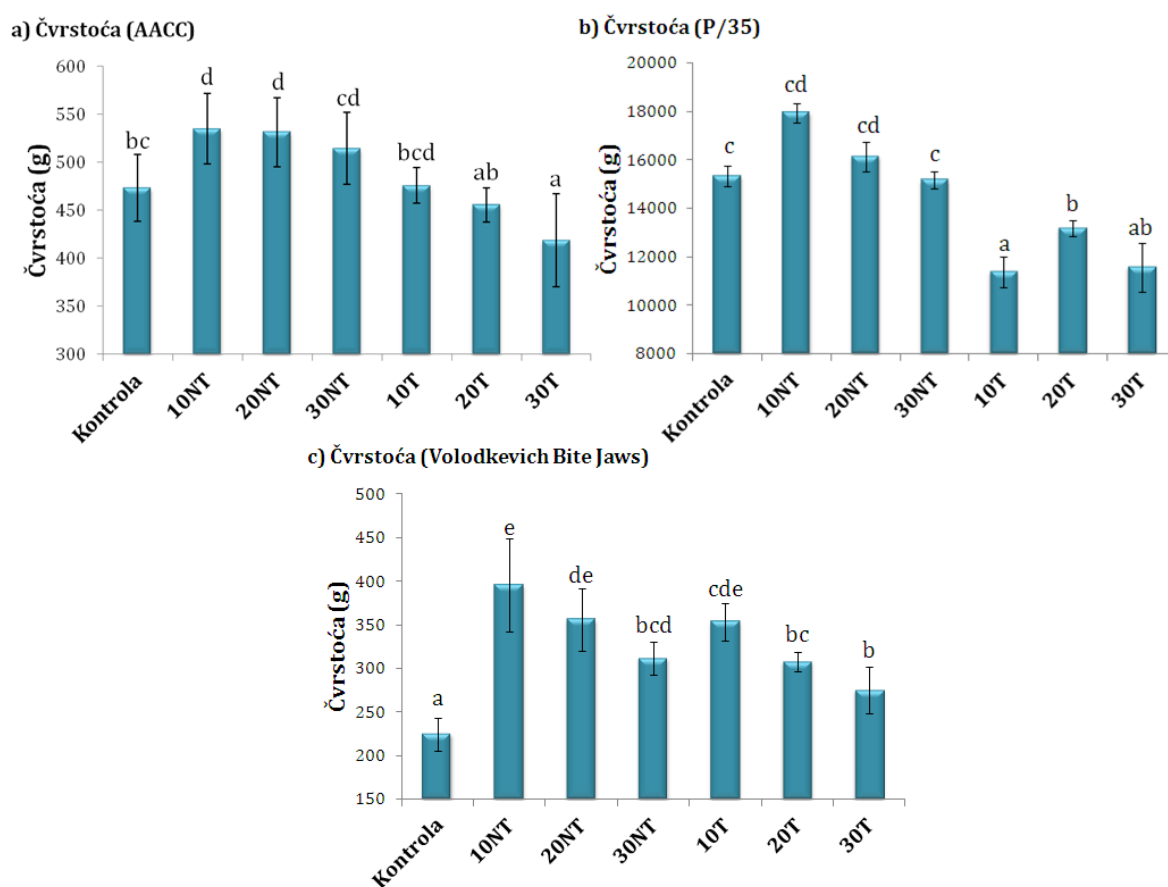
Treba napomenuti da su istraživanja na temu teksture nekuvane obogaćene testenine veoma oskudna, naročito ukoliko je u pitanju testenina koja nije u obliku špageta. Međutim, tekstura nekuvane testenine je od podjednake važnosti kao i tekstura nakon kuvanja, jer dobar teksturni profil nekuvane testenine obezbeđuje dobru otpornost na lom tokom transporta, a za potrošače je ona odraz dobrog kvaliteta i opredeljujuća tokom kupovine. Iz tog razloga su od velike važnosti dalja istraživanja na ovoj problematici kako bi se razvile nove metode, a dobijeni rezultati povezali sa hemijskim sastavom i drugim morfološkim osobinama sirovina i proizvoda u cilju razumevanja uticaja jednih na druge.

4.2.3.2. Teksturna svojstva kuvanih taljatelja

Čvrstoća testenine, kao jedan od najvažnijih teksturnih pokazatelja kvaliteta kuvane testenine, određena je primenom tri različita testa i to standardnom AACC metodom, simuliranjem zagriža upotrebom Volodkevich Bite Jaws (HDP/VB) nastavka i kompresijom cilindričnom sondom (P/35). Primenjeni testovi su ujedno omogućili da se pored čvrstoće odredi i adhezivnost analiziranih taljatelja, kao još jedno veoma važno teksturno svojstvo kvaliteta kuvane testenine.

Analizom rezultata čvrstoće kuvanih taljatelja primenom standardne AACC metode i testom kompresije cilindričnom sondom (P/35) (Slika 4.16a, b), generalno se može zaključiti da je dodatak netretiranog integralnog heljdnog brašna u formulaciju taljatelja uticao na izvesno povećanje njihove čvrstoće, dok se sa povećanjem udela autoklaviranog integralnog heljdnog brašna čvrstoća kuvanih taljatelja značajno ($P < 0,05$) smanjila u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Istraživanja su pokazala da tekstura pšeničnih nudli (Crosbie i sar., 1999) direktno zavisi od sadržaja proteina, a posebno od proteina glutena. Proteini heljde primarno sadrže globuline, koji ne doprinose građenju glutenske mreže (Choy i sar., 2013). S obzirom da uzorci taljatelja sa autoklaviranim integralnim heljdnim brašnom imaju najniži sadržaj proteina (Tabela 4.1) bilo je očekivano da ove taljatele imaju smanjenu čvrstoću. Za razliku od njih, uzorci taljatelja sa netretiranim integralnim heljdnim brašnom imaju viši sadržaj proteina, tako da je povećanje čvrstoće ovih uzoraka u odnosu na preostale ispitivane uzorke takođe opravdano.

Smanjenje čvrstoće usled dodatka heljdnog brašna u formulaciju špageta zabeleženo je od strane Choy i sar. (2013), Rayas-Duarte i sar. (1996) i Ikeda i sar. (1997). Međutim, pomenuti radovi, koji svedoče o smanjenju čvrstoće testenine nakon dodatka nekog integralnog brašna ili mekinja u formulaciju testenine odnose se na polazne formulacije bez mekinja, dakle, na one od durum semoline ili brašna obične pšenice. U formulacijama u kojima se mekinje dodaju, narušava se struktura glutenskog matriksa i skrobno-proteinske mreže, što dovodi do pogoršanja kvaliteta gotovog proizvoda (povećani gubici materija tokom kuvanja, manja čvrstoća, manje bubrenje). Međutim, kada se posmatra kvalitet testenine u kojoj se, generalno gledano, ukupni sadržaj mekinja ne menja, nego se mekinje jedne vrste žita zamenjuju mekinjama druge vrste, onda se mogu očekivati i drugačiji rezultati, uzimajući u obzir razlike u njihovom hemijskom sastavu i morfološkim karakteristikama.



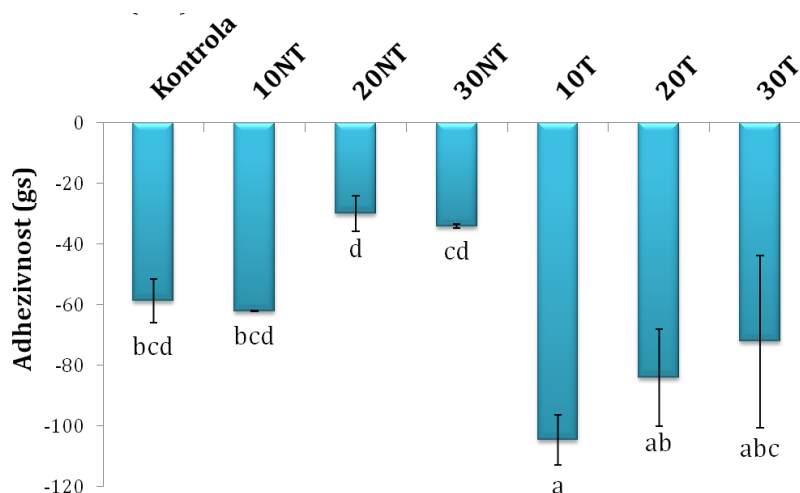
Slika 4.16. Čvrstoća kuvanih uzoraka taljatele primenom standardnog AACC metoda (a), primenom cilindrične sonde P/35 (b) i primenom Volodkevich Bite Jaws nastavka (c)

Stubići označeni različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija ($n = 10$)

Za razliku od rezultata ostvarenih primenom pomenuta dva testa, rezultati testa simuliranja zagriža uz primenu *Volodkevich Bite Jaws* nastavka pokazali su da su taljatele sa različitim udelima oba integralna heljdina brašnom značajno ($P < 0,05$) čvršće od kontrolnog uzorka (Slika 4.16c). Povećana čvrstoća uzoraka taljatele sa različitim

udelima integralnog heljdinog brašna može se objasniti prisustvom delova ljuske heljdinog omotača, koji su bili jasno vidljivi golim okom i većih dimenzija od mekinja, što je nesumnjivo doprinelo većem otporu pri testu kompresije. Slična zapažanja su imali i Manthey i Dick (2012) ispitujući čvrstoću testenina različitih oblika proizvedenih od durum semoline, integralnog pšeničnog brašna ili njihove smeše. Čini se da je Volodkevich test najosetljiviji na veličinu čestica, s obzirom da su jedino rezultati ovog testa ukazali na veću čvrstoću taljatelata koje sadrže autoklavirano integralno heljdino brašno u odnosu na kontrolni uzorak.

Nadalje, rezultati određivanja adhezivnosti ispitivanih uzoraka kuvanih taljatelata prikazani su na Slici 4.17. Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna netretiranim integralnim heljdinim brašnom doprinela je smanjenju adhezivnosti, dok je supstitucija autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom značajno povećala adhezivnost taljatelata. Wood (2009) je, ispitujući teksturne osobine testenine obogaćene brašnom leblebije, ukazao da veći sadržaj proteina smanjuje lepljivost špageta, dok prisustvo rastvorljivih vlakana može doprineti njenom povećanju. Polazeći od navedenih činjenica, a uzimajući u obzir rezultate hemijske analize proizvedenih taljatelata (Tabela 4.1), smanjeni sadržaj proteina i povećani sadržaj ukupnih prehrambenih vlakana u taljatelama sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna, u potpunosti potkrepljuju povećanje adhezivnost kod ovih uzoraka.



Slika 4.17. Adhezivnost uzoraka kuvanih taljatelata

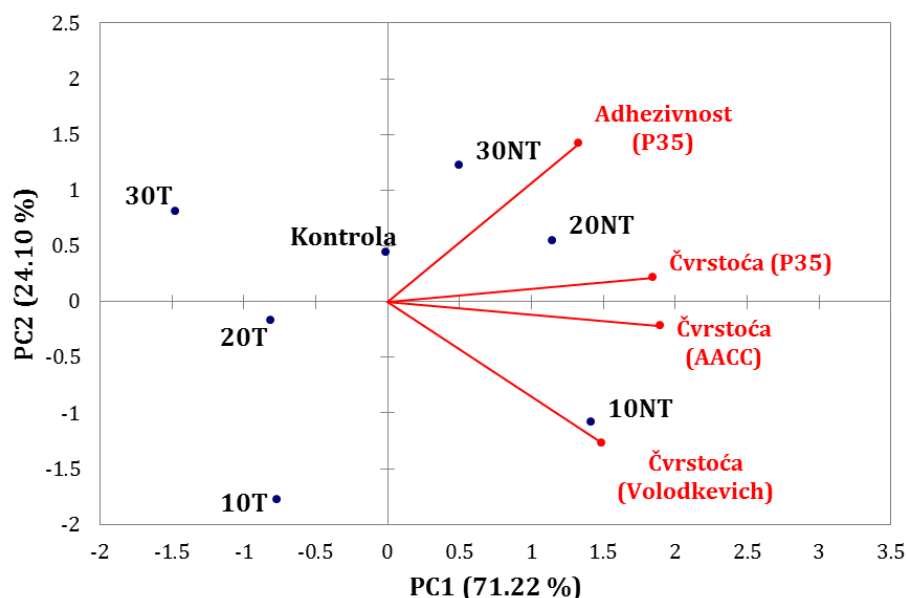
Stubići označeni različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju
Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija ($n = 10$)

Primenom analize glavnih komponenti (PCA), koja predstavlja oblik faktorske analize za dobijanje sažetog prikaza velikog broja merenja, utvrđeni su korelativni odnosi između primenjenih testova za određivanje teksturnih osobina proizvedenih taljatelata kao i odnosi između ispitivanih taljatelata i posmatranih teksturnih osobina. Rezultati su prikazani na biplot dijagramu (Slika 4.18) koji predstavlja multivarijacionu analizu odnosa glavnih komponenti za svaki uzorak i svaku ispitivanu teksturnu osobinu. Glavne komponente su linearne kombinacije izvornih promenljivih. Prva glavna komponenta

(PC1) konstruisana je tako da obuhvata najveći deo varijanse podataka, dok naredne (PC2, PC3, PC4) obuhvataju onaj deo varijanse podataka koji nije obuhvaćen prethodno izdvojenom glavnom komponentom. Korelacioni matriks merenih promenljivih, za potrebe analize podataka ovog eksperimenta, zasnovan je na Pearson-ovim korelacijama. Ukoliko su u korelacionom PCA dijagramu dve promenljive udaljene od centra i blizu jedna drugoj, one su u značajnoj pozitivnoj korelaciji (r blizak 1). Ukoliko su ortogonalno orijentisane, promenljive nisu u korelaciji (r blizak 0). Ukoliko su na suprotnim stranama centra, onda su u značajnoj negativnoj korelaciji (r blizak -1).

PC analizom je objašnjeno 95,32% ukupne varijabilnosti rezultata. Prva glavna komponenta PC1 objašnjava 71,22%, i u pozitivnoj je vezi sa čvrstoćom taljatela bez obzira na vrstu primenjenog testa, što ukazuje na značajnu ($P < 0,05$) pozitivnu korelaciju između svih primenjenih testova (AACC, cilindrična sonda P/35 i Volodkevich test) za određivanje čvrstoće taljatela. Druga glavna komponenta PC2 objašnjava 24,10% varijabilnosti rezultata i u pozitivnoj je vezi sa adhezivnošću taljatela.

Na dijagramu se može uočiti jasno razdvajanje uzoraka taljatela sa različitim integralnim heljdinim brašnima, kao i diferenciranje kontrolnog uzorka. Uzorci taljatela sa 10 i 20% netretiranog integralnog heljdinog brašna (10NT i 20NT) izdvajaju se u odnosu na čvrstoću, dok su uzorci taljatela sa 20 i 30% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (20T i 30T) u negativnoj korelaciji sa njima, što ukazuje na njihovu manju čvrstoću. Teksturine osobine uzoraka 30NT i 10T mogu se opisati adhezivnošću budući da su u jakoj korelaciji sa PC2 ($r = 0,810$ za 10NT i $r = -0,900$ za 30T), pri čemu se na dijagramu ova dva uzorka nalaze sa suprotnih strana, odnosno, negativno su korelirani. Ovakav njihov raspored je posledica veoma male adhezivnosti uzorka 30NT i izrazite adhezivnosti uzorka 10T (Slika 4.17).



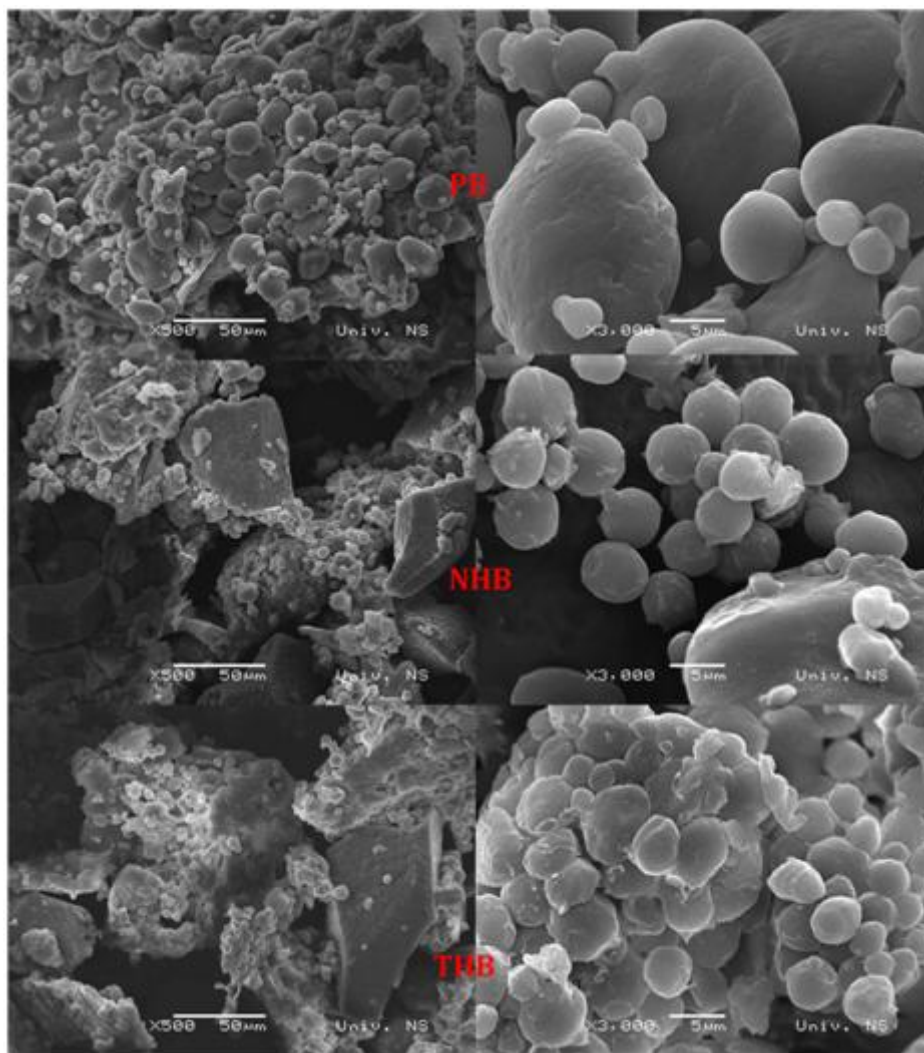
Slika 4.18. PC analiza odnosa primenjenih testova za određivanje teksturnih svojstava kuvanih taljatela

4.2.4. Mikrostruktura brašna i kuvanih taljatelja

Skenirajući elektronski mikroskop (SEM) korišćen je za ispitivanje mikrostrukture skroba uzoraka brašna korišćenih za proizvodnju ispitivanih uzoraka taljatelja i skroba i proteinske mreže kuvanih taljatelja, sa jedne strane, kao i za sagledavanje uticaja procesa autoklaviranja na strukturu skrobnih granula heljde, sa druge strane.

Skrob je glavna komponenta endosperma žita. U zavisnosti od botaničkog porekla, granule skroba se razlikuju po obliku, veličini i sastavu (Lindeboom i sar., 2004). Veličina granula skroba kreće se u intervalu od 1 μm do preko 100 μm i na osnovu prečnika granule mogu se podeliti u nekoliko kategorija: velike (> 25 μm), srednje (10–25 μm), male (5–10 μm) i veoma male (< 5 μm). Prema literaturnim podacima (Rojas i sar., 2000), granule skroba pšenice su sfernog oblika, dimenzija od < 10 do 35 μm , pri čemu se granule > 10 μm smatraju granulama A-tipa i čine oko 70% ukupne mase skroba pšenice, a granule < 10 μm nazivaju se granulama B-tipa i pripada im 30% ukupne mase skroba. Nativne skrobne granule heljde mogu biti sfernog, ovalnog ili poligonalnog oblika, sa vidljivim ravnim površinama zbog kompaktnog pakovanja u endospermu zrna. Veličina granula kreće se u intervalu od 2 do 9 μm , mada prema nekim literaturnim podacima (Zheng i Sosulski, 1997) mogu biti veličine i do 14 μm . Male skrobne granule mogu formirati klastere, koji su okruženi tankim ćelijskim zidovima. Slika 4.19. prikazuje mikrostrukturu uzoraka brašna korišćenih za proizvodnju ispitivanih taljatelja.

Na mikrografu koji prikazuje strukturu integralnog pšeničnog brašna (PB) jasno su vidljive granule skroba A i B-tipa i delovi mekinja (Slika 4.19PB). U uzorcima integralnog heljdinog brašna, pored pojedinačnih sfernih granula skroba, uočavaju se i prizmatične ćelije endosperma sa veoma gusto upakovanim granulama. Poređenjem mikrografa dva uzorka heljdinog brašna (Slika 4.19. NHB i THB), uočava se da je u uzorku netretiranog heljdinog brašna većina granula zadržala svoj oblik, dok su granule skroba autoklavirane heljde uglavnom deformisane i želatinizirane i formiraju aglomerate koji su najverovatnije posledica delimične želatinizacije usled primenjenog hidrotermičkog tretmana. Slična zapažanja u vezi sa formiranjem aglomerata skroba imali su i Pandey i sar. (2015), koji su hidrotermički tretirali belo i integralno heljdino brašno u različitim vremenskim intervalima. Takođe, Vallons i Arendt (2009) su, ispitujući uticaj visokog pritiska i povišene temperature na strukturu skrobnih granula heljde, zapazili njihovu potpunu želatinizaciju na temperaturama između 60 i 70 °C i pri pritiscima između 300 i 500 MPa.

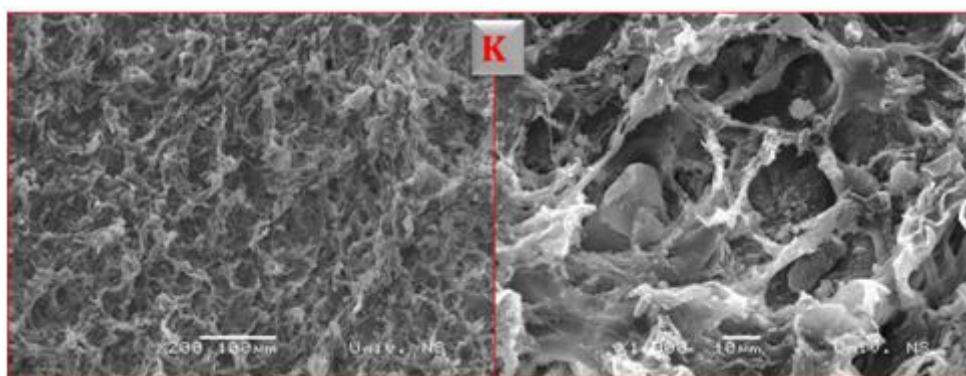


Slika 4.19. Mikrostruktura integralnog pšeničnog brašna (PB) i integralnih heljdinih brašna (NHB – netretirano i THB – tretirano) snimljena skenirajućim elektronskim mikroskopom (uvećanje 500 i 3000 puta)

Na mikrografima uzoraka kuvanih taljatela (Slike 4.20. i 4.21), osim granula skroba u različitim fazama želatinizacije, vidljiva je i fibrilarna struktura proteinske mreže ili neki njeni fragmenti. Na slikama su prikazane površine kuvanih taljatela koje su tokom celog procesa kuvanja bile u kontaktu sa vodom, tako da su ovi delovi pretrpeli veće promene u pogledu mikrostrukture za razliku od unutrašnjih slojeva taljatela koji, zbog kraćeg kontakta sa vodom, imaju bolje očuvane skrobne granule.

Na mikrografu kontrolnog uzorka (Slika 4.20) uočava se rastresita fibrilarna proteinska mreža sa šupljinama različitih veličina i oblika, kao i skrobne granule u različitim fazama želatinizacije. Supstituisanjem dela integralnog pšeničnog brašna dolazi do narušavanja strukture u manjoj ili većoj meri u zavisnosti od stepena supstitucije i vrste integralnog heljdinog brašna korišćenog za obogaćivanje. Na površini taljatela se, pored granula skroba i proteinske mreže, uočavaju i delovi mekinja, kao i formacije za koje se pretpostavlja da potiču od spoljašnjeg zaštitnog omotača zrna – ljuske ili ahena. Naime,

integralno heljdino brašno, korišćeno za proizvodnju taljatela, dobijeno je mlevenjem celog ploda heljde, tj. mlevenjem zrna sa ljuskom, nakon čega su prosejavanjem uklonjeni najkrupniji delovi ljuske, ali oni sitniji su zaostali u brašnu. Nažalost, koncept proizvodnje integralnog heljdinog brašna se različito tumači i nije uvek precizno definisan, tako da je poređenje sa literaturnim podacima veoma otežano. Pod pojmom integralnog heljdinog brašna podrazumeva se i ono dobijeno mlevenjem celog zrna, uključujući i ljusku, kao i brašno dobijeno mlevenjem zrna nakon prethodnog ukljanjanja ljuske. U nedostatku literaturnih podataka o mikrostrukturi samlevene ljuske, pretpostavljamo da uočene formacije (Slika 4.21 20NT, 30NT) upravo potiču od ovog anatomskog dela zrna.

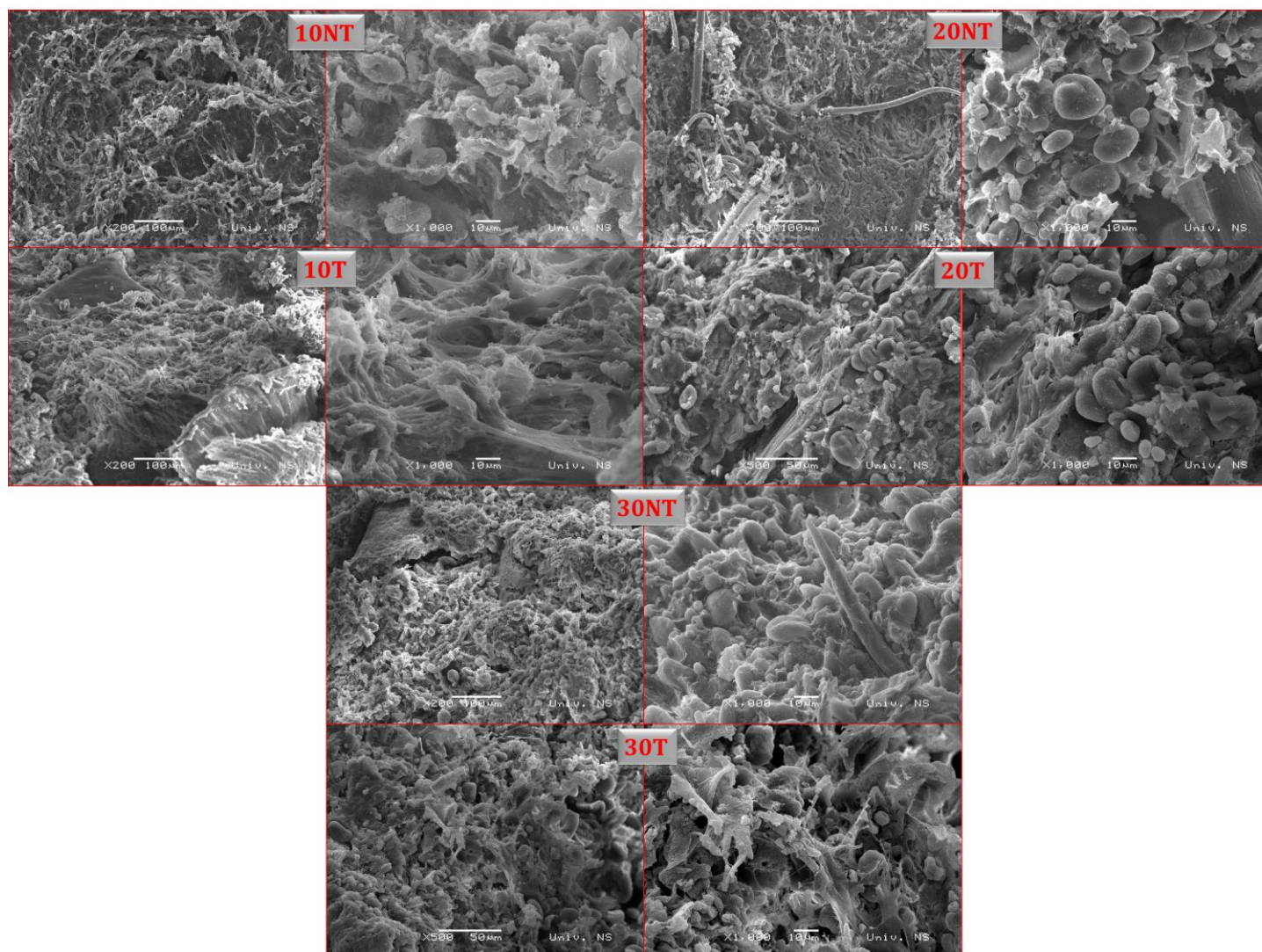


Slika 4.20. Mikrostruktura površine kuvanih kontrolnih taljatela (uvećanje 200 i 1000 puta)

Upoređujući mikrofote taljatela obogaćenih različitim integralnim heljdinim brašnjima (Slika 4.21) uočavaju se razlike u strukturi proteinske mreže i stepenu deformacije skrobnih granula. U uzorku 10T vidljiva je samo fibrilarna struktura proteinske mreže, a granule skroba u potpunosti su želatinizirane, dok su u uzorku 10NT vidljive granule skroba u različitim fazama želatinizacije, uklopljene u proteinski matriks. Ovakva mikrostruktura je u saglasnosti sa značajno većim stepenom raskuvavanja uzorka 10T.

Nadalje, u uzorcima 20T i 30T između fragmenata proteinske mreže vidljive su i deformisane i raspadnute granule skroba u obliku „krofne“, sa pojavama nalik mehurovima po površinama granula, dok je u uzorcima 20NT i 30NT većina uočenih skrobnih granula nabubrela, ali nije deformisana i uklopljena je u nešto kontinualniju proteinsku mrežu.

Uočene morfološke razlike između uzoraka taljatela sa različito pripremljenim integralnim heljdinim brašnjima mogu se dovesti u vezu sa razlikama u kvalitetnim karakteristikama ispitivanih taljatela (tekstura, ponašanje tokom kuvanja, senzorski kvalitet).



Slika 4.21. Mikrostruktura površine kuvanih taljatepla sa različitim udelom integralnog heljadinog brašna (uvećanje 200 i 1000 puta)

4.3. REZULTATI SENZORSKE OCENE TALJATELA

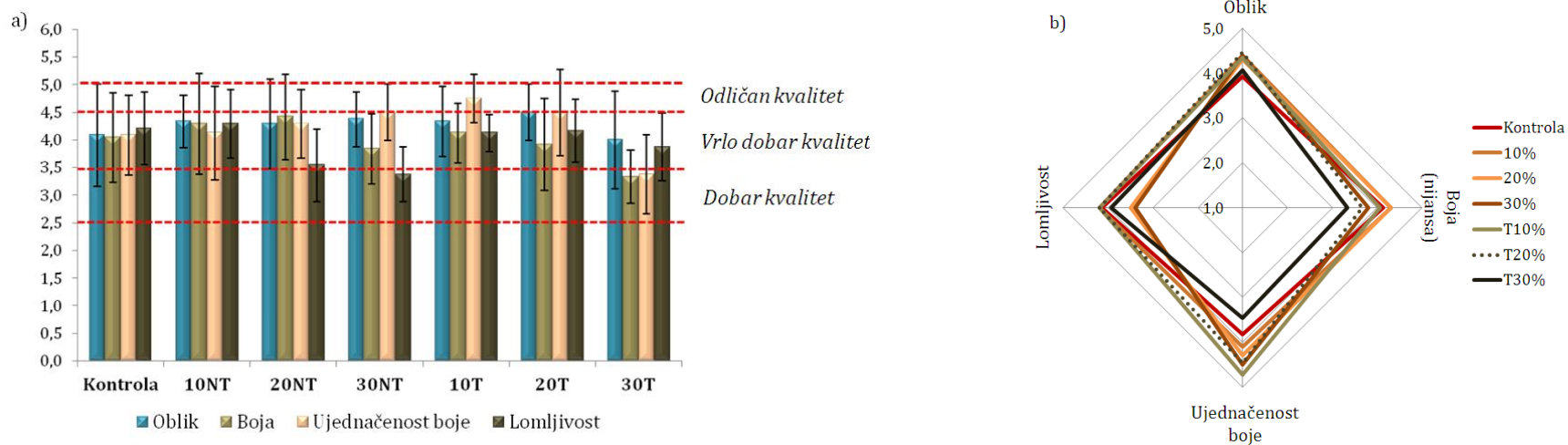
4.3.1. Analiza senzorske ocene taljatela metodom bodovanja uz primenu panela utreniranih ocenjivača

Senzorski kvalitet proizvedenih taljatela ocenjen je za pre i nakon njihovog kuvanja na osnovu izgleda, teksture, mirisa i ukusa. Kvalitetne kategorije taljatela utvrđene su na osnovu ukupnih srednjih vrednosti ostvarenih bodova za svako ocenjeno svojstvo, uz prethodno utvrđene granice za pojedine nivoe kvalitete: *nezadovoljavajuć* – broj bodova < 2,5 bodova; *dobar* – broj bodova u rasponu od 2,5 do 3,5; *vrlo dobar* – broj bodova u rasponu od 3,5 do 4,5 i *odličan* – broj bodova u rasponu od 4,5 do 5,0. Dobijeni rezultati ocenjenih senzorskih svojstava nekuvanih i kuvanih taljatela, od strane dvanaestočlanog panela, prikazani su na Slikama 4.22. i 4.23. Dodatno, senzorski profil nekuvanih taljatela prikazan je pomoću „pauk“ dijagrama, na Slici 4.22b. Kod ovog tipa dijagrama multivarijantni podaci su prikazani na dvodimenzionalnom grafiku koji ima onoliko osa koliko ima promenljivih, a uglovi između osa su jednaki. Dužine osa odgovaraju opsegu merenja, pri čemu vrednost u centru odgovara najmanjoj veličini, a vrednosti u uglu osa odgovaraju maksimalnoj veličini promenljive. Svako senzorsko svojstvo predstavljeno je na jednoj osi, a vrednosti za različita svojstva istog uzorka spojene su linijom.

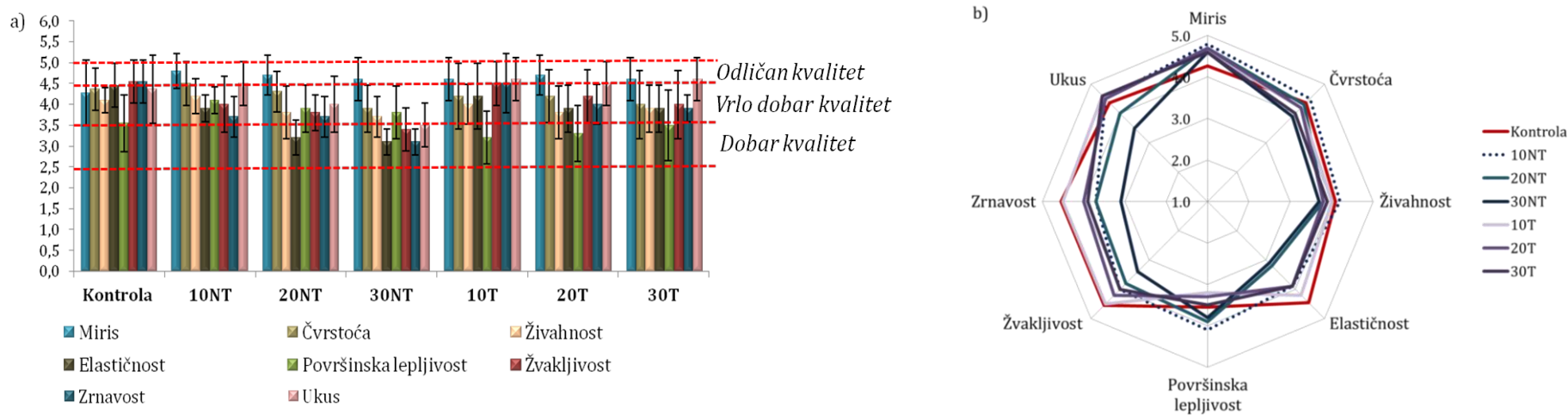
Ostvarene ocene za posmatrana senzorska svojstva nekuvanih i kuvanih taljatela ukazuju na homogenost panela u ocenjivanju i na dobru reproduktivnost rezultata, o čemu svedoče dobijene niske vrednosti standardnih devijacija ($\pm SD < 1$ boda). Najbolje slaganje unutar panela postignuto je pri oceni živahnosti kuvanih uzoraka taljatela (vrednost SD po uzorcima u opsegu 0,30–0,63), a najlošije pri oceni oblika nekuvanih taljatela (vrednost SD po uzorcima u opsegu 0,48–0,93).

Rezultati senzorske ocene reprezentativnih svojstava nekuvanih taljatela ukazuje da je postignut vrlo dobar kvalitet kod svih ispitivanih uzoraka taljatela (Slika 4.22a). Najujednačeniji kvalitet posmatranih svojstava ostvaren je kod kontrolnog uzorka, ali sagledavajući ukupne rezultate, najbolji senzorski kvalitet postignut je kod taljatela sa dodatkom 10 i 20% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10T i 20T), kao i kod uzorka sa dodatkom 10% netretiranog integralnog heljdinog brašna (10NT).

Na osnovu prikazanih dijagrama (Slike 4.22b. i 4.23b) uočava se da je povoljniji senzorski profil postignut u uzorcima taljatela u kojima je deo integralnog pšeničnog brašna supstituisan integralnim heljdinim brašnima. Najlošiji senzorski profil kod nekuvanih taljatela ostvaren je kod uzorka koji sadrži 30% THB, sa ostvarenim brojem bodova za posmatrana svojstva, osim za lomljivost.



Slika 4.22. Senzorska ocena nekuvanih taljatelja: a) aritmetička sredina i standardna devijacija; b) senzorski profil



Slika 4.23. Senzorska ocena kuvanih taljatelja: a) aritmetička sredina i standardna devijacija; b) senzorski profil

Sagledavajući senzorske profile kuvanih taljatela, razlike u kvalitetu između kontrolnog i uzoraka taljatela sa dodatkom integralnih heljdinih brašna su izraženije, i idu u korist kontrolnog uzorka, ali samo u pogledu teksturnih osobina (čvrstoća, žvakljivost, zrnavost). Negativan uticaj supstitucije 15% durum brašna sa integralnim heljdinim brašnom na teksturne osobine špageta (smanjenja čvrstoće i povećanje zrnavosti) registrovali su i Rayas-Duarte i sar. (1996). Međutim, za razliku od pomenutih autora, rezultati ovog eksperimenta ukazuju da je dodatak autoklaviranog integralnog heljdinog brašna u formulaciju taljatela doprineo izražajnosti i zaokruživanju mirisa i ukusa, za razliku od dodatka netretiranog integralnog heljdinog brašna u količinama od 20 i 30% koji nepovoljno utiču na ukus taljatela.

Istovremeno, poređenjem senzorskih svojstava kuvanih taljatela sa autoklaviranim i netretiranim integralnim heljdinim brašnom, uočavaju se nešto niže ocene za kvalitet čvrstoće i površinske lepljivosti taljatela sa autoklaviranim brašnom. Kod uzoraka taljatela sa dodatkom netretiranog integralnog heljdinog brašna postignut je bolji kvalitet u pogledu površinske lepljivosti, čak i u odnosu na kontrolni uzorak. Do sličnih rezultata došli su i Chillo i sar. (2008a) ispitujući lepljivost špageta sa različitim udelima integralnog heljdinog brašna i pšeničnih mekinja kuvanih do optimalnog vremena kuvanja. Naime, pomenuta grupa autora je utvrdila da špagete na bazi semoline, a sa dodatkom 10% integralnog heljdinog brašna i 15% mekinja, 20% integralnog heljdinog brašna i 15% mekinja, i 20% integralnog heljdinog brašna i 20% mekinja, imaju manju lepljivost u poređenju sa kontrolnim uzorkom, špagetom od semoline.

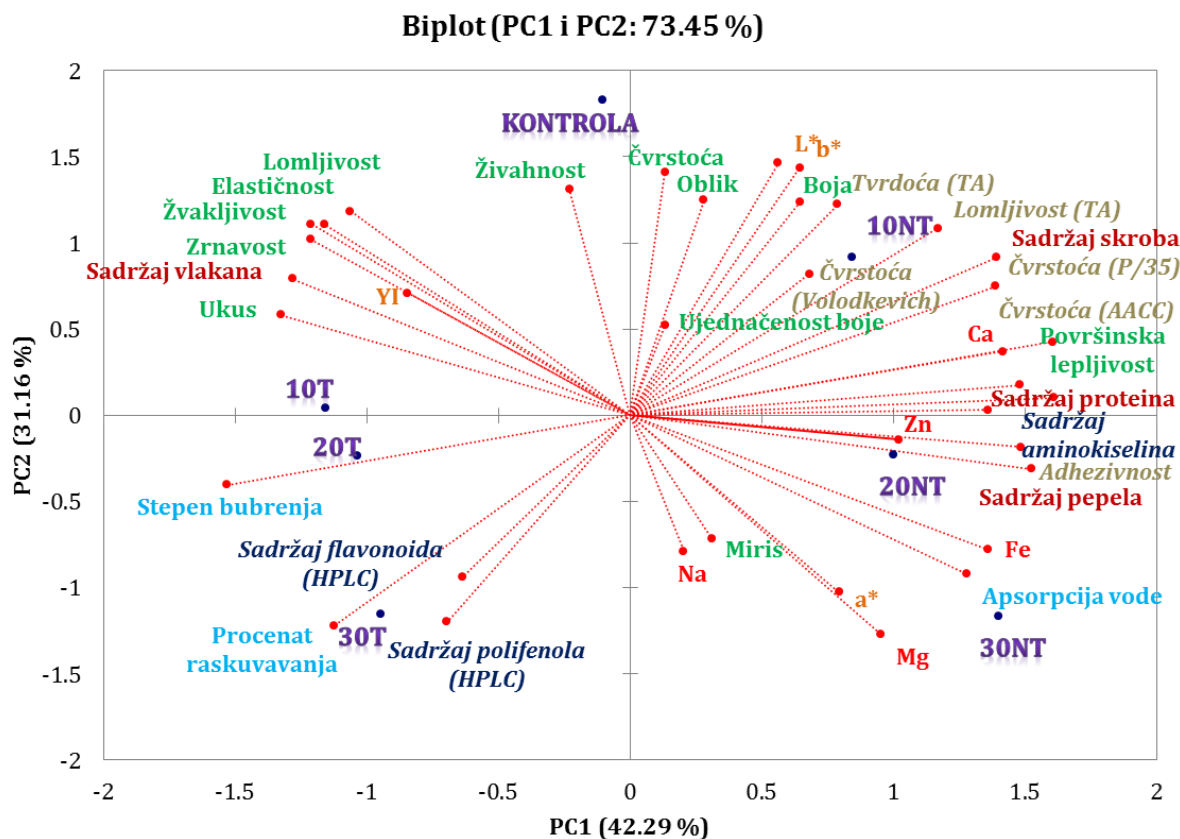
Kod taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom manje je izražena zrnavost (veća ocena ukazuje na manju izraženost ovog svojstva) čime je i kvalitet ukusa poboljšan u odnosu na taljatele sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom. U kvalitetu mirisa nisu uočene razlike između ovih uzoraka.

Na osnovu ostvarenih senzorskih profila taljatela, kreiranih za potrebe ove doktorske disertacije, može se zaključiti da se supstitucijom integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnima, ne narušava u velikoj meri senzorski kvalitet finalnog proizvoda, već doprinosi smanjenju zrnavosti, prijatnijoj mirisnoj noti i izraženosti ukusa obogaćenih taljatela.

4.3.2. Analiza glavnih komponenti primenjena na rezultate nutritivnog i funkcionalnog profila taljatela, njihovih fizičkih osobina i senzorskog profila

U cilju vizuelizacije i istraživanja multivarijantnih podataka, dobijenih prilikom određivanja fizičkih karakteristika, kao i nutritivnog, funkcionalnog i senzorskog profila ispitivanih uzoraka taljatela, primenjena je analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis – PCA). Dobijeni rezultati prikazani su na Slici 4.24. Korelacioni

matriks merenih promenljivih, za potrebe analize podataka ovog eksperimenta, zasnovan na Pearson-ovim korelacijama.



Slika 4.24. Biplot dijagram pozicije uzoraka taljatela u PC prostoru u odnosu na posmatrani set izvornih varijabli

Primena PCA u istraživanju strukture instrumentalnih podataka, kao i podataka senzorske ocene dobijene uz primenu panela odabranih ocenjivača, pokazala je da je dvokomponentni prikaz bio dovoljan u davanju uočljive i prepoznatljive slike ispitivanih uzoraka taljatela na osnovu linearne kombinacije seta izvornih varijabli.

PC analizom objašnjeno je ukupno 73,45% varijanse, pri čemu je doprinos prve glavne komponente (PC1) 42,29%. PC1 je povezana sa instrumentalno određenim teksturnim osobinama taljatela, površinskom lepljivošću, parametrima osnovnog hemijskog sastava (sadržaj proteina, skroba i pepela) i sa sadržajem aminokiselina, o čemu svedoče visoke vrednosti kvadrata kosinusa pomenutih promenljivih (Tabela 4.20). Analiziranjem korelacionog matriksa, jasno se uočava ranije spomenut odnos između sadržaja proteina i teksturnih osobina taljatela, kako onih instrumentalno izmerenih (čvrstoća, AACC $r = 0,937$; čvrstoća, P/35 $r = 0,877$; adhezivnost, $r = 0,779$, $P < 0,05$), tako i onih ocenjenih od strane senzorskog panela (površinska lepljivost, $r = 0,918$, $P < 0,05$). Pored sadržaja proteina, i sadržaj skroba ima statistički značajan uticaj na pomenuta teksturna svojstva (čvrstoća AACC, $r = 0,830$; čvrstoća P/35, $r = 0,945$, površinska lepljivost, $r = 0,812$; $P < 0,05$; adhezivnost $r = 0,696$).

Tabela 4.20. Kvadrat kosinusa promjenljivih

| Promenljiva* | F1 | F2 | Promenljiva* | F1 | F2 |
|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|
| Oblik | 0,028 | 0,559 | Sadržaj proteina | 0,929 | 0,004 |
| Boja | 0,223 | 0,537 | Sadržaj skroba | 0,695 | 0,301 |
| Lomljivost | 0,405 | 0,503 | Sadržaj vlakana | 0,592 | 0,225 |
| Čvrstoća | 0,006 | 0,715 | Sadržaj pepela | 0,834 | 0,035 |
| Živahnost | 0,019 | 0,616 | Sadržaj aminokiselina | 0,663 | 0,000 |
| Elastičnost | 0,483 | 0,439 | Sadržaj polifenola | 0,174 | 0,517 |
| Površinska lepljivost | 0,786 | 0,011 | Sadržaj flavonoida | 0,145 | 0,316 |
| Žvkljivost | 0,528 | 0,441 | Ca | 0,924 | 0,065 |
| Zrnavost | 0,527 | 0,374 | Mg | 0,324 | 0,578 |
| Ukus | 0,633 | 0,122 | Zn | 0,374 | 0,007 |
| Čvrstoća (AACC) | 0,719 | 0,049 | Fe | 0,664 | 0,218 |
| Čvrstoća (P/35) | 0,692 | 0,201 | <i>L*</i> | 0,114 | 0,770 |
| Adhezivnost | 0,792 | 0,012 | <i>a*</i> | 0,225 | 0,378 |
| Tvrdoća (TA) | 0,149 | 0,548 | <i>b*</i> | 0,149 | 0,742 |
| Lomljivost (TA) | 0,489 | 0,424 | | | |
| Procenat raskuvavanja | 0,454 | 0,534 | | | |
| Apsorpcija vode | 0,588 | 0,304 | | | |
| Stepen bubrenja | 0,841 | 0,058 | | | |

*Prikazane su samo promenljive čiji kvadrati kosinusa su bili najveći za prve dve glavne komponente. Vrednosti u tabeli koje su podebljane ukazuju da je doprinos promenljive najveći za posmatranu glavnu komponentu.

PC1 je u negativnoj korelaciji sa sadržajem vlakana i stepenom bubrenja taljatela, kao i sa svojstvima teksture (elastičnost, žvkljivost, zrnavost) i ukusa određenim od strane senzorskog panela. Ovo ukazuje da veći sadržaj vlakana može uticati na smanjenje čvrstoće i povećanje adhezivnosti taljatela (merenih instrumentalno), ali istovremeno može doprineti poboljšanju ukusa ($r = 0,758$, $P < 0,05$) zbog, najverovatnije, smanjenja osećaja zrnavosti ($r = 0,866$, $P < 0,05$) i bolje žvkljivosti ($r = 0,857$, $P < 0,05$).

Druga glavna komponenta PC2 objašnjava 31,16% varijanse, a povezana je sa senzorskim osobinama taljatela (oblik, boja, lomljivost, čvrstoća, elastičnost, živahnost), instrumentalno definisanim parametrima boje, sadržajem funkcionalnih jedinjenja (polifenoli i flavonoidi) i procentom raskuvavanja (Tabela 4.20).

Sa biplot dijagrama jasno se uočava diferenciranje uzoraka taljatela sa netretiranim integralnim heljdim brašnom od taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdim brašnom, uz potpunu izdvojenost kontrolnog uzorka koja ukazuje da se ovaj uzorak veoma razlikuje od obogaćenih uzoraka taljatela u pogledu analiziranih pokazatelja kvaliteta. Diferenciranje uzoraka uglavnom je posledica razlika u njihovim teksturnim osobinama i osobinama koje ispoljavaju tokom kuvanja, kao i u sadržaju fitohemikalija i nutrijenata.

Uzorci taljatela sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom (10NT, 20NT, 30NT) mogu se opisati visokim sadržajem proteina, aminokiselina i skroba koji su doprineli da ovi uzorci budu čvrsti, ali ne mnogo adhezivni i sa malom površinskom lepljivošću. Nasuprot njima, manji sadržaj proteina i skroba uticali su da taljatele sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom (10T, 20T, 30T) imaju lošije osobine tokom kuvanja (povećan procenat raskuvavanja praćen povećanim stepenom bubrenja) što se odrazilo na smanjenje njihove čvrstoće i povećanje adhezivnosti. Međutim, čini se da je veći sadržaj vlakana u ovim taljatelama uticao na smanjenje osećaja zrnivosti, koji se javlja tokom konzumiranja taljatela sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom, a pretpostavlja se da je to uticalo na poboljšanje žvakljivosti i ukusa taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom. Pored navedenog, uzorak 10T može se okarakterisati kao najtvrdi i najlomljiviji od svih taljatela koje sadrže jedno od dva korišćena integralna heljdina brašna. Nadalje, uzorci taljatela sa najvišim sadržajem integralnih heljdinih brašna, 30NT i 30T, odlikuje visok sadržaj polifenola i flavonoida.

Za razliku od obogaćenih taljatela, kontrolna taljatela se može okarakterisati umerenom čvrstoćom i niskim sadržajem polifenola i flavonoida. Takođe, ovaj uzorak je najsvetliji, sa najizraženijom žutom bojom, a odlikuju ga i vrlo dobra otpornost na lom, ujednačen oblik, mali procenat raskuvavanja, dobra živahnost i elastičnost. Nadalje, zrnivost i ukus su slabije izraženi u poređenju sa taljatelama koje sadrže integralno heljdino brašno.

4.3.3. Analiza senzorske ocene taljatela uz primenu panela potrošača

Tokom razvoja novog funkcionalnog proizvoda ili poboljšanja proizvoda koji je već dostupan na tržištu, često se sprovode istraživanja koja su usmerena na ispitivanje veze između funkcionalnih i nutritivnih osobina i dopadljivosti proizvoda, cene, procesa proizvodnje. Izbor nekog proizvoda od strane potrošača zasniva se na kompleksnom kompromisu između spoljašnjih informacija o proizvodu (cena, pakovanje, deklaracija) i drugih psihosocijalnih i individualnih aspekata, uključujući i lične senzorske preferencije i stavove potrošača (Endrizzi i sar., 2015).

U cilju sagledavanja stavova potrošača prema taljatelama kreiranim za potrebe ove doktorske disertacije, anketirano je i testirano 70 potrošača koji su redovni konzumenti testenina (testeninu konzumiraju bar jednom mesečno). Osim osnovnih socio-demografskih podataka (pol, starost, obrazovanje, radni status, mesečna primanja) (Tabela 4.21), potrošači su bili zamoljeni i da se izjasne o tome koliko često konzumiraju određene prehrambene proizvode, kako bi se stekao uvid u njihove navike u ishrani (Tabela 4.22).

4.3.3.1. Analiza rezultata anketiranja potrošača

Na osnovu sprovedene ankete, prikupljeni su osnovni socio-demografski podaci o učesnicima uključenim u potrošački test. S obzirom da su dobijeni podaci bili kategorijalne prirode (neparametrijski podaci), u svrhu njihove analize, a da bi se izbeglo gubljenje informacija, primenjene su tabele kontigencije. Ovim postupkom se, na osnovu učestalosti, svakoj kategoriji pridružuje realan broj. Stoga su, za svaku pojedinačnu promenljivu, sumirani podaci prebrojavanjem učestalosti za svaku kategoriju, a proporcija uzorka za svaku kategoriju primenjena je u oceni verovatnoće. Pojedine

Tabela 4.21. Demografski podaci dobijeni anketiranjem učesnika u potrošačkom testu

| <i>Kategorija</i> | <i>Učestalost kategorije (%)</i> | |
|-------------------------|--------------------------------------|-------|
| Pol | Muški | 31,43 |
| | Ženski | 68,57 |
| Starosna grupa | 18-24 | 5,71 |
| | 25-34 | 31,43 |
| | 35-44 | 20,00 |
| | 45-54 | 31,43 |
| | 55-64 | 10,00 |
| | 65-74 | 0,00 |
| | 75+ | 1,43 |
| Obrazovanje | Osnovno | 1,43 |
| | Srednje | 31,43 |
| | Viša škola | 5,71 |
| | Fakultet/master | 27,14 |
| | Doktor nauka | 34,29 |
| Radni status | Student | 4,29 |
| | Povremeni rad | 1,43 |
| | Radni odnos sa punim radnim vremenom | 90,00 |
| | Penzioner | 4,29 |
| Mesečna primanja | < 10000 | 5,71 |
| | 10000-19000 | 2,86 |
| | 20000-29000 | 8,57 |
| | 30000-39000 | 20,00 |
| | 40000-49000 | 8,57 |
| | 50000-59000 | 11,43 |
| | 60000-69000 | 8,57 |
| | > 70000 | 34,29 |

Većina ispitanih potrošača bile su žene (preko 68%), u stalnom radnom odnosu (90%), sa visinom primanja preko 70.000,00 dinara (preko 34%), što je razumljivo s obzirom da preko 60% ispitanika poseduje visoko obrazovanje. Na osnovu sprovedene ankete mogu se naslutiti promene u pogledu navika u ishrani potrošača, koji su, čini se, svesniji

njenog značaja za zdravlje. Naime, više od 80% ispitanika konzumira voće i povrće dva ili više puta nedeljno, dok ostalu hranu (burek, jela sa roštilja, čips, pica) konzumiraju ređe. Jednom mesečno i ređe burek konzumira preko 60% ispitanika, čips preko 63%, jela sa roštilja 45% i picu 66% ispitanih potrošača.

Tabela 4.22. Navike potrošača u ishrani

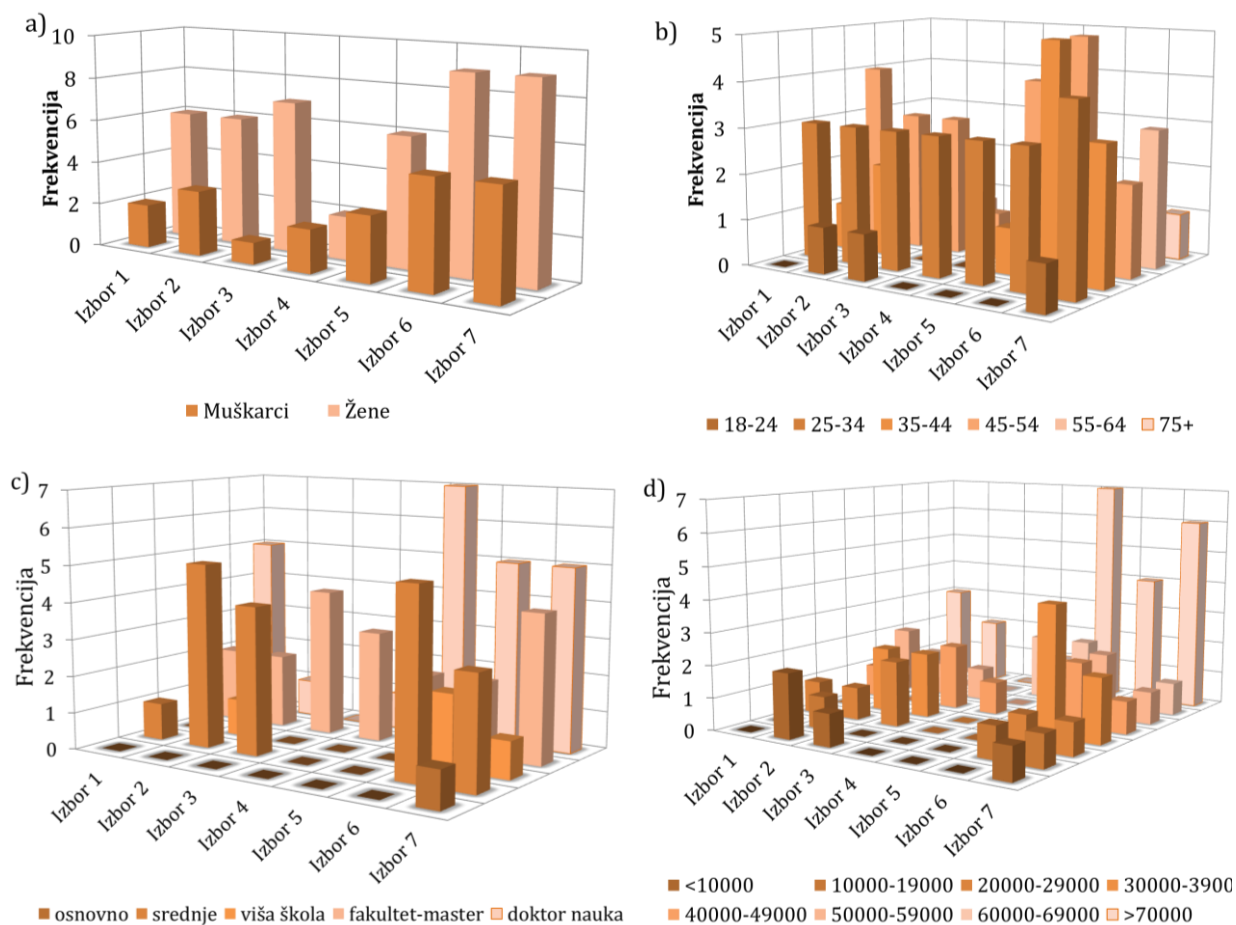
| <i>Kategorija</i> | | <i>Rezultati (%)</i> | |
|--|--------------------------|----------------------|---------------|
| Učestalost konzumiranja različitih prehrambenih proizvoda | nikada | voće 0,00 | burek 7,14 |
| | | povrće 0,00 | čokolada 5,17 |
| | | pecivo 1,43 | čips 21,43 |
| | | pizza 5,71 | roštilj 2,86 |
| | < jednom mesečno | voće 0,00 | burek 31,43 |
| | | povrće 0,00 | čokolada 8,57 |
| | | pecivo 1,43 | čips 20,00 |
| | | pizza 34,29 | roštilj 21,43 |
| | jednom mesečno | voće 0,00 | burek 21,43 |
| | | povrće 1,43 | čokolada 2,86 |
| | | pecivo 0,00 | čips 21,43 |
| | | pizza 27,14 | roštilj 22,86 |
| dva–tri puta mesečno | voće 4,29 | burek 22,86 | |
| | povrće 2,86 | čokolada 20,00 | |
| | pecivo 4,29 | čips 14,29 | |
| | pizza 25,71 | roštilj 34,29 | |
| jendom nedeljno | voće 10,00 | burek 14,29 | |
| | povrće 2,86 | čokolada 25,71 | |
| | pecivo 7,14 | čips 14,29 | |
| | pizza 5,71 | roštilj 15,71 | |
| dva puta ili više nedeljno | voće 85,71 | burek 2,86 | |
| | povrće 92,86 | čokolada 37,14 | |
| | pecivo 85,71 | čips 8,57 | |
| | pizza 1,43 | roštilj 2,86 | |
| Učestalost konzumiranja testenine | nikada | 0,00 | |
| | < jednom mesečno | 0,00 | |
| | jednom mesečno | 14,29 | |
| | dva–tri puta mesečno | 28,57 | |
| | jednom nedeljno | 42,86 | |
| | dva i više puta nedeljno | 12,86 | |
| Konzumiranje testenine koja nije od durum pšenice | nikada | IP – 30,00 | |
| | | BG – 44,29 | |
| | | TH – 35,71 | |
| | | TS – 57,14 | |
| | jednom | IP – 15,71 | |
| | | BG – 30,00 | |
| | | TH – 27,14 | |
| | | TS – 18,57 | |

| Kategorija | Rezultati (%) |
|---------------------------------|--------------------------|
| | nekoliko puta |
| | IP – 54,29 |
| | BG – 25,71 |
| | TH – 37,14 |
| | TS – 24,29 |
| Kupovina na osnovu slike | sigurno ću kupiti |
| | 17,14 |
| | vrlo verovatno ću kupiti |
| | 30,00 |
| | verovatno ću kupiti |
| | 28,57 |
| | ne znam da li ću kupiti |
| 17,14 | |
| verovatno neću kupiti | |
| 4,29 | |
| vrlo verovatno neću kupiti | |
| 2,86 | |
| sasvim izvesno neću kupiti | |
| 0,00 | |

IP–testenina od integralnog pšeničnog brašna; *BG*–pirinčana ili neka druga bezglutenska testenina; *TH*–testenina od ili sa heljdinim brašnom; *TS*–testenina od spelte

U cilju sagledavanja uticaja prvog utiska i vizuelnog doživljaja koji potrošači stvaraju o nekom proizvodu na osnovu njegovog izgleda sa kojim se upoznaju na mestu kupovine ili putem reklame, u okviru sprovedene ankete, potrošači su bili zamoljeni da se izjasne o nameri kupovine jedne od proizvedenih taljatele na osnovu utiska koji na njih ostavlja slika te testenine u kuvanom obliku. Namera o kupovini iskazana je uz primenu skale sa 7 kategorija (od 1 do 7), pri čemu je svaka kategorija opisana (7 = sigurno ću kupiti, 4 = ne znam da li ću kupiti i 1 = sigurno neću kupiti). Svega 7% potrošača se izjasnilo da ne bi kupilo testeninu, dok se preko 75% potrošača izjasnilo da bi kupilo testeninu sa slike, od čega je preko 17% ispitanika sigurno da bi je kupilo, a 30% da bi je vrlo verovatno kupilo. Na Slici 4.25. prikazana je namera kupovine prezentovanog uzorka taljatele po kategorijama potrošača, prema polu, starosti, obrazovanju i mesečnim primanjima.

Rezultati sa 3D dijagrama na osnovu tabela kontigencije ukazuju da su učesnici ankete veoma spremni da pod uticajem vizuelnog doživljaja probaju novokreirane uzorke testenine. U tim namerama odlučnije su žene, potrošači starosti između 35 do 54 godina, osobe koje poseduju visoko obrazovanje, i sa prosečnim mesečnim primanjima 30–39.000,00 dinara i iznad 70.000,00 dinara. Analiza rezultata je takođe ukazala veću spremnost potrošača koji konzumiraju testeninu jednom nedeljno da kupe testeninu koja je prikazana na slici. Za kupovinu su bili veoma zainteresovani i oni potrošači koji nikada nisu jeli testeninu od ili sa heljdom, kao i oni koji su imali prilike da konzumiraju ovakvu vrstu testenine.



Slika 4.25. 3D dijagrami na osnovu tabela kontigencije – namera kupovine prezentovanog uzorka taljatele prema kategorijama potrošača: a) pol; b) starost; c) obrazovanje; d) visina mesečnih primanja

Izbor 1 – sasvim izvesno neću kupiti; Izbor 2 – vrlo verovatno neću kupiti; Izbor 3 – verovatno neću kupiti; Izbor 4 – ne znam da li ću kupiti; Izbor 5 – verovatno ću kupiti; Izbor 6 – vrlo verovatno ću kupiti; Izbor 7 – sigurno ću kupiti

4.3.3.2. Analiza rezultata potrošačkog testa

Jedan od najvećih izazova tokom kreiranja novog proizvoda je predvideti kako će on biti prihvaćen na tržištu od strane potrošača. Brojni su faktori od kojih zavisi potrošačka prihvatljivost, uključujući cenu, dostupnost na tržištu, pakovanje. Međutim, ključni faktor koji zahteva posebno proučavanje kada je potrošačka prihvatljivost u pitanju, je doživljaj senzorskih svojstava koji potrošač ima u vezi sa nekim proizvodom, budući da prihvatljivost neke namirnice zavisi od toga da li njena senzorska svojstva odgovaraju očekivanjima i potrebama potrošača ili ne (Costell i sar., 2010).

Studije koje izučavaju potrošačku prihvatljivost uglavnom nastoje da pronađu odgovor na neko od četiri glavna pitanja: 1) na koji način potrošači doživljavaju senzorska svojstva hrane; 2) u kojoj meri varijacije u senzorskim svojstvima utiču na stav

potrošača; 3) kako određene navike, stavovi i očekivanja potrošača utiču na stepen dopadljivosti proizvoda i nameru njegove kupovine; 4) u kojoj meri stepen dopadljivosti proizvoda zavisi od očekivanja koja su nastala na temelju nekih drugih informacija (Costell i sar., 2010). Budući da je veoma teško spoznati šta potrošači doživljavaju tokom konzumiranja neke namirnice, osnovni cilj potrošačkog testa u okviru ove doktorske disertacije bio je da se utvrdi veza između nivoa njihove dopadljivosti i intenziteta posmatranih senzorskih svojstava.

Ukupna dopadljivost proizvedenih taljatela ocenjivana je primenom hedonske skale sa 9 kategorija, kao i dopadljivost boje, teksture i ukusa. Dodatno, intenziteti boje, lepljivosti, zrnivosti, tvrdoće, gorkog ukusa i arome ocenjivani su na skali sa 5 kategorija. Svaki potrošač je ocenio četiri odabrana uzorka kuvanih taljatela, po modelu izbalansiranog nekompletnog blok dizajna. U Tabeli 4.23. prikazani su rezultati potrošačke ocene kuvanih taljatela.

Tabela 4.23. Rezultati potrošačke ocene kuvanih taljatela

| <i>Svojstva</i> | <i>Kontrola</i> | <i>10NT</i> | <i>20NT</i> | <i>30NT</i> | <i>10T</i> | <i>20T</i> | <i>30T</i> |
|---|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <i>Dopadljivost svojstava ocenjena na skali od 9 kategorija</i> | | | | | | | |
| Ukupna dopadljivost | 7,30 ^a | 6,04 ^{bc} | 5,48 ^d | 5,42 ^d | 6,32 ^{bc} | 6,45 ^b | 5,75 ^{cd} |
| Dopadljivost boje | 7,07 ^a | 6,53 ^b | 6,15 ^b | 6,34 ^b | 6,42 ^b | 6,52 ^b | 6,24 ^b |
| Dopadljivost teksture | 6,95 ^a | 5,62 ^d | 5,37 ^d | 5,25 ^d | 6,27 ^{bc} | 6,43 ^{ab} | 5,77 ^{cd} |
| Dopadljivost ukusa | 7,12 ^a | 6,34 ^b | 5,37 ^{cd} | 5,17 ^d | 5,99 ^{bc} | 6,38 ^b | 5,78 ^{bcd} |
| <i>Intenzitet svojstava ocenjen na skali od 5 kategorija</i> | | | | | | | |
| Intenzitet boje | 2,62 ^b | 3,20 ^a | 3,22 ^a | 3,45 ^a | 3,26 ^a | 3,78 ^a | 3,44 ^a |
| Zrnivost | 2,68 ^c | 3,49 ^{ab} | 3,70 ^a | 3,52 ^{ab} | 3,24 ^a | 3,31 ^b | 3,68 ^a |
| Lepljivost | 2,20 ^b | 2,14 ^{bc} | 2,12 ^{bc} | 1,91 ^c | 2,17 ^{bc} | 2,20 ^b | 2,55 ^a |
| Tvrdoća | 2,61 ^c | 3,13 ^a | 3,04 ^a | 3,19 ^a | 2,60 ^c | 2,63 ^{bc} | 2,95 ^{ab} |
| Intenzitet gorkog ukusa | 1,36 ^c | 1,64 ^{bc} | 2,06 ^a | 2,20 ^a | 1,52 ^c | 1,94 ^{ab} | 2,00 ^{ab} |
| Aroma | 2,43 ^b | 2,57 ^{ab} | 2,65 ^{ab} | 2,91 ^a | 2,59 ^{ab} | 2,77 ^{ab} | 2,81 ^{ab} |

Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno ($P < 0,05$) razlikuju

Pri tumačenju rezultata potrošačkog testa, usvojeno je da ukoliko je ocena za ukupnu dopadljivost, dopadljivost boje, teksture i ukusa bila viša od 5 (niti mi se sviđa niti ne sviđa) uzorak je prihvatljiv potrošačima i sviđa im se u manjoj (ocena bliže 5) ili većoj

meri (ocena bliže 9) (Prilog 5). Sudeći po ocenama potrošača za ukupnu dopadljivost, dopadljivost boje, teksture i ukusa, potrošačima se najviše svideo kontrolni uzorak (srednja ocena preko 7, osim za dopadljivost teksture 6,95). Svi ostali uzorci su imali značajno ($P < 0,05$) niže ocene što ukazuje na činjenicu da je supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnima uticala na smanjenje dopadljivosti proizvedenih taljatela od strane potrošača. Veća naklonost potrošača ka kontrolnom uzorku može biti posledica sličnosti ovog uzorka tradicionalnoj testenini od pšeničnog brašna, ali i navikama potrošača da konzumiraju testeninu sa dodatkom ili od integralnog pšeničnog brašna. U odnosu na kontrolni uzorak, uzorci taljatela sa dodatkom autoklaviranog integralnog heljdinog brašna vrednovani su nešto višim ocenama, za razliku od uzoraka taljatela sa dodatkom netretiranog integralnog heljdnog brašna, naročito u pogledu dopadljivosti teksture. Ovo ukazuje da su potrošači ispoljili veću naklonost ka taljatelama sa dodatkom autoklaviranog integralnog heljdnog brašna čak i pri višim nivoima (20%), dok prisustvo netretiranog integralnog heljdnog brašna potrošači tolerišu samo kod 10% supstitucije, naročito kada je u pitanju dopadljivost teksture (Tabela 4.23).

Za tumačenje rezultata prihvatljivosti/dopadljivosti intenziteta boje, zrnivosti, lepljivosti, tvrdoće, intenziteta gorkog ukusa i arome, usvojeno je da vrednosti veće od 3 ukazuju na intenzitet viši od optimalnog za dato svojstvo (Prilog 5). Kontrolni uzorak taljatela se na osnovu mišljenja potrošača može okarakterisati svetlijom braon bojom, niskom vrednošću intenziteta za zrnivost, lepljivost i ne prevelikim intenzitetom tvrdoće, gotovo odsustvom gorkog ukusa i umerenim intenzitetom arome (Tabela 4.23). Sa druge strane, uzorci taljatela sa dodatkom integralnih heljdnih brašna ocenjeni su značajno ($P < 0,05$) višim ocenama u pogledu intenziteta boje i zrnivosti, pri čemu je intenzitet zrnivosti kod uzoraka sa dodatkom autoklaviranog integralnog heljdnog brašna ocenjen neznatno nižim ocenama. Generalno gledano, za potrošače, svi uzorci taljatela su tek malo lepljivi, pri čemu kontrolni uzorak i taljatele sa dodatkom 10% i 20% integralnog heljdnog brašna, nemaju značajnih ($P < 0,05$) razlika u pogledu intenziteta lepljivosti. Međutim, pri najvišem stepenu supstitucije (30%), ocena intenziteta lepljivosti uzorka 30NT značajno ($P < 0,05$) se smanjuje, a uzorka 30T se značajno povećava u odnosu na preostale ocenjene uzorke.

Prisustvo integralnih heljdnih brašna u formulacijama taljatela čini se, da za potrošače, ne utiče bitnije na izraženost arome kuvanih taljatela, iako je ona neznatno intenzivnija u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Takođe, supstitucija je doprinela povećanju intenziteta gorkog ukusa, koji se pojačava sa povećanjem stepena supstitucije naročito netretiranim integralnim heljdinim brašnom. Naime, uzorci taljatela sa 20% i 30% netretiranog integralnog heljdnog brašna poseduju, iako ne statistički značajno, intenzivniji gorak ukus u poređenju sa uzorcima taljatela sa istim stepenom supstitucije autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom. Međutim, treba naglasiti da je za potrošače gorak ukus svih analiziranih uzoraka taljatela na nivou jedva primetnog.

Sagledavajući rezultate korelacione analize (Tabela 4.24), može se zaključiti da na sud potrošača o dopadljivosti testenine veliki pozitivan uticaj ima boja ($r = 0,664$), tekstura ($r = 0,673$) i ukus ($r = 0,790$), dok dobijeni koeficijenti korelacije za zrnastost ($r = -0,394$) i gorak ukus ($r = -0,314$) ukazuju na umereniji negativan uticaj na dopadljivost ispitivanih uzoraka taljatela. Zrnastost ima i umereno jak negativan uticaj na sud potrošača o dopadljivosti teksture ($r = -0,443$) i dopadljivosti ukusa ($r = -0,335$).

Tabela 4.24. Koeficijenti korelacije između ispitivanih parametara u potrošačkoj oceni kuvanih taljatele

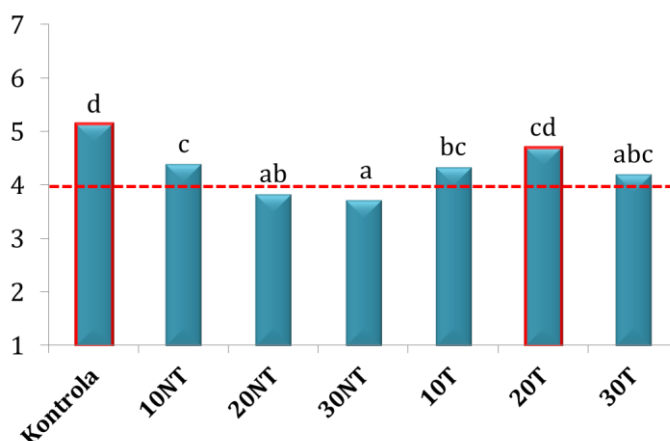
| Promenljiva | Ukupna dopadljivost | Dopadljivost boje | Intenzitet boje | Dopadljivost teksture | Zrnavost | Lepljivost | Tvrdoća | Dopadljivost ukusa | Intenzitet gorkog ukusa | Aroma |
|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|-------------------------|--------------|
| Ukupna dopadljivost | 1,000 | 0,664 | -0,124 | 0,673 | -0,394 | 0,071 | -0,239 | 0,790 | -0,314 | -0,165 |
| Dopadljivost boje | 0,664 | 1,000 | -0,183 | 0,500 | -0,258 | -0,086 | -0,060 | 0,530 | -0,204 | -0,033 |
| Intenzitet boje | -0,124 | -0,183 | 1,000 | -0,157 | 0,176 | 0,044 | 0,078 | -0,102 | -0,111 | 0,141 |
| Dopadljivost teksture | 0,673 | 0,500 | -0,157 | 1,000 | -0,443 | 0,093 | -0,284 | 0,635 | -0,280 | -0,010 |
| Zrnavost | -0,394 | -0,258 | 0,176 | -0,443 | 1,000 | -0,001 | 0,346 | -0,335 | 0,283 | 0,196 |
| Lepljivost | 0,071 | -0,086 | 0,044 | 0,093 | -0,001 | 1,000 | -0,023 | 0,147 | -0,002 | -0,045 |
| Tvrdoća | -0,239 | -0,060 | 0,078 | -0,284 | 0,346 | -0,023 | 1,000 | -0,119 | 0,164 | 0,169 |
| Dopadljivost ukusa | 0,790 | 0,530 | -0,102 | 0,635 | -0,335 | 0,147 | -0,119 | 1,000 | -0,271 | -0,102 |
| Intenzitet gorkog ukusa | -0,314 | -0,204 | -0,111 | -0,280 | 0,283 | -0,002 | 0,164 | -0,271 | 1,000 | 0,341 |
| Aroma | -0,165 | -0,033 | 0,141 | -0,010 | 0,196 | -0,045 | 0,169 | -0,102 | 0,341 | 1,000 |
| Kupovina uzorka | 0,746 | 0,598 | -0,129 | 0,651 | -0,317 | 0,146 | -0,085 | 0,772 | -0,203 | -0,019 |

Vrednosti u tabeli označene plavom bojom ukazuju na umerenu korelaciju (0,31–0,60)

Vrednosti označene crvenom bojom ukazuju na jaku korelaciju (0,61–0,90)

4.3.3.3. Analiza potrošačke namere u izboru kupovine

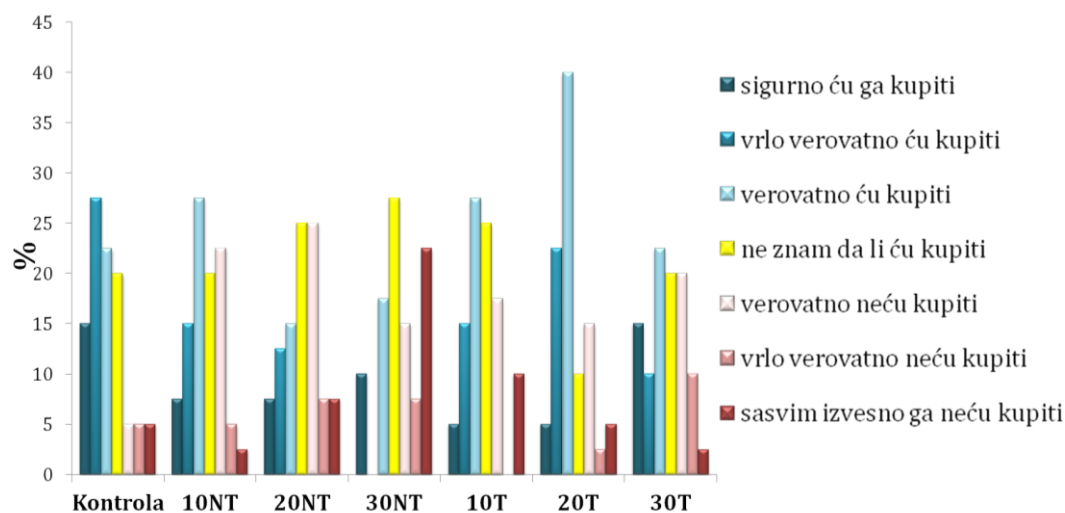
Pored karakteristika koje hrana ima sama po sebi i stepena prijatnosti koji ona izaziva tokom konzumiranja, na opredeljenje potrošača da kupe neku namirnicu imaju uticaj i njihov stav i mišljenje o nutritivnoj vrednosti proizvoda, bezbednosti, robnoj marki i ceni (Costell i sar., 2010). Osim toga, reakcija potrošača na neku namirnicu u velikoj meri zavisiće i od toga da li ona ispunjava njihova očekivanja u pogledu senzorskog kvaliteta. U cilju sagledavanja ispunjenosti očekivanja potrošača u odnosu na novokreirane taljatele, tokom sprovođenja ankete i potrošačkog testa, potrošači su bili zamoljeni da iskažu svoju nameru o njihovoj kupovini uz primenu skale sa 7 kategorija (1 = sasvim izvesno ga neću kupiti, 4 = ne znam da li ću ga kupiti, 7 = sigurno ću ga kupiti). Za tumačenje rezultata usvojeno je da vrednosti veće od 4 ukazuju da postoji namera kupovine koja je izvesnija što je vrednost bliža 7 (Slika 4.26).



Slika 4.26. Stav potrošača prema kupovini kuvanih uzoraka taljatele

Rezultati sa slike ukazuju na spremnost potrošača na kupovinu taljatele od integralnog pšeničnog brašna i testeninu oblika taljatele sa dodatkom 20% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna. Za preostale ispitivane uzorke taljatele, iako postoji namera za kupovinom uzoraka taljatele sa svim nivoima supstitucije autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, ova namera je zapravo malo verovatna (aritmetička sredina bliska 4 – ne znam da li ću ga kupiti). Ono što se sa sigurnošću može tvrditi na osnovu obrađenih podataka, jeste činjenica da se potrošači ne bi odlučili za kupovinu taljatele sa dodatkom 30% netretiranog integralnog heljdinog brašna.

Upoređujući odgovore potrošača o nameri kupovine testenine samo na osnovu slike (Prilog 4) kuvane testenine, pre njenog konzumiranja (Slika 4.26), a onda i nakon konzumiranja (Slika 4.27), primetan je trend porasta broja potrošača koji su sigurni da ne bi kupili ispitivane taljatele, naročito kada su u pitanju taljatele koje sadrže netretirano integralno heljdino brašno.



Slika 4.27. Analiza stava potrošača prema kupovini kuvanih taljatelja nakon njihovog konzumiranja

Imajući na umu sve do sada rečeno, jasno je da je pored utiska koji ostavlja izgled nekog proizvoda, veoma važno i kako druga senzorska svojstva deluju na zadovoljenje ostalih čula, te da je ukupni utisak koji potrošač stvara u kontaktu sa proizvodom ono što će ga opredeliti da li da ga ponovo kupi ili ne. Takođe, iskustvo potrošača je jedna od bitnih komponenti u formiranju određenog stava, stoga, merenje stavova pre, ali i nakon konzumiranja proizvoda može biti vredan indikator u utvrđivanju i prevazilaženju eventualnog jaza koji se može javiti između očekivanja potrošača i realne slike nekog proizvoda.

Prema rezultatima korelacione analize (Tabela 4.24), na odluku o kupovini taljatelja veliki uticaj imaju pre svega dopadljivost ukusa, ukupna dopadljivost, dopadljivost teksture i boje. Analiziranjem značajnosti uticaja posmatranih parametara na kupovinu, primenom analize varijanse (Tabela 4.25), utvrđeno je da osim već pomenute jake i statistički značajne korelacije između namere kupovine i dopadljivosti ukusa, ukupne dopadljivosti, dopadljivosti teksture i boje proizvoda, statistički značajan uticaj na odluku o kupovini taljatelja imaju i lepljivost i tvrdoća.

Tabela 4.25. Uticaj posmatranih parametara potrošačkog testa na nameru kupovine taljatelja

| Parametar | F | Pr > F | Parametri modela* |
|-----------------------|--------|---------|-------------------|
| Ukupna dopadljivost | 479,24 | <0,0001 | 0,197 |
| Dopadljivost boje | 19,10 | <0,0001 | 0,201 |
| Intenzitet boje | 0,174 | 0,6770 | -0,019 |
| Dopadljivost teksture | 32,03 | <0,0001 | 0,182 |
| Zrnavost | 0,614 | 0,4340 | -0,028 |
| Lepljivost | 9,26 | 0,0030 | 0,127 |
| Tvrdoća | 12,85 | 0,0000 | 0,147 |
| Dopadljivost ukusa | 46,30 | <0,0001 | 0,363 |

| Parametar | F | Pr > F | Parametri modela* |
|-------------------------|------|--------|-------------------|
| Intenzitet gorkog ukusa | 1,72 | 0,1900 | 0,045 |
| Aroma | 1,84 | 0,1760 | 0,090 |

* Odsečak -2,643

Na temelju ovih rezultata kreiran je model za predviđanje mogućnosti kupovine uzoraka testenine slične formulacije sa testeninama analiziranim u ovom eksperimentu. Za model su uzeti samo oni parametri koji su imali statistički značajan uticaj na nameru kupovine testenine:

$$NK = -2,643 + 0,197*UD + 0,201*DB + 0,182*DT + 0,363*DU + 0,127*OL + 0,147*OT$$

gde je: NK – namera kupovine; UD – ukupna dopadljivost; DB – dopadljivost boje; DT – dopadljivost teksture; DU – dopadljivost ukusa; OL – ocena lepljivosti; OT – ocena tvrdoće.

Automatskom proverom definisanog modela, uz primenu softverskog paketa (Software XLSTAT, version 2012. 2.02.), utvrđeno je da se predloženim modelom postiže dosta dobro predviđanje namere kupovine.

4.3.3.4. Analiza uticaja „prethodnog iskustva“ na potrošačku ocenu

Osobine neke namirnice (hemijski i nutritivni sastav, fizička svojstva), osobine potrošača (genetika, godište, pol, fiziološki i psihološki status), njegovo okruženje (porodične i kulturološke navike, religija, obrazovanje, moda, cena i dostupnost), sve to utiče na potrošača tokom donošenja odluke o tome da li neku namirnicu da prihvati ili odbaci (Costell i sar., 2010). Luckow i sar. (2005) i Stein i sar. (2003) su utvrdili da i učestalo konzumiranje neke namirnice utiče na povećanje njene prihvatljivosti.

Senzorski testovi se obično koriste kao vodič za poboljšanje kvaliteta nekog proizvoda, međutim zaključci do kojih se dođe tokom senzorske ocene mogu biti od malog značaja ukoliko osobe uključene u ovaj proces nisu redovni potrošači analiziranog proizvoda. Logično je pretpostaviti da određene prehrambene navike, kao i učestala izloženost specifičnostima neke namirnice mogu imati uticaja na sagledavanje njenih senzorskih svojstava i dopadljivost proizvoda (Costell i sar., 2010). U svetlu ovih pretpostavki, jedan od ciljeva potrošačkog testa u okviru ove doktorske disertacije bio je i da se utvrdi da li neredovni konzumenti neke od, u anketi navedenih integralnih testenina, doživljavaju senzorske osobine proizvedenih taljatela na isti način kao i potrošači koji su njihovi redovni konzumenti. Da bismo dobili odgovor na ovo pitanje uporedili smo senzorske profile uzoraka taljatela obe navedene grupe potrošača.

Potrošači su razvrstani u kategorije na osnovu odgovora koje su dali u anketi o učestalosti konzumiranja navedenih testenina. Potrošači koji nisu nikada ili su samo

jednom probali neku od testenina svrstani su u grupu „neredovnih potrošača“, a potrošači koji su nekoliko puta jeli neku od testenina svrstani su u grupu „redovnih potrošača“. Zbog prirode dizajna sprovedenog potrošačkog testa (balansirani nekompletni blok dizajn), razlikovao se broj potrošača obe grupe koji su ocenjivali svaki od uzoraka taljatela (Tabela 4.26). Za analizu rezultata posmatrane su samo ocene ukupne dopadljivosti, dopadljivosti boje, ukusa i teksture budući da su i korelativna analiza i ANOVA ukazali na njihov značajan uticaj na nameru kupovine uzoraka.

Rezultati dve kategorije potrošača obrađeni su primenom dvostruke analize varijanse sa ciljem da se utvrdi da li postoje razlike u ocenjivanju dopadljivosti određenih senzorskih svojstava između neredovnih i redovnih potrošača integralnih testenina (Tabela 4.26).

Rezultati ukazuju da je faktor „Uzorak“ značajan za većinu posmatranih svojstava, jedino nije značajan kada je u pitanju ukupna dopadljivost boje što ukazuje da su svi uzorci u pogledu boje ocenjeni na sličan način, tj. da prethodno iskustvo u konzumiranju sličnih testenina nema značajnog uticaja na ocenu boje.

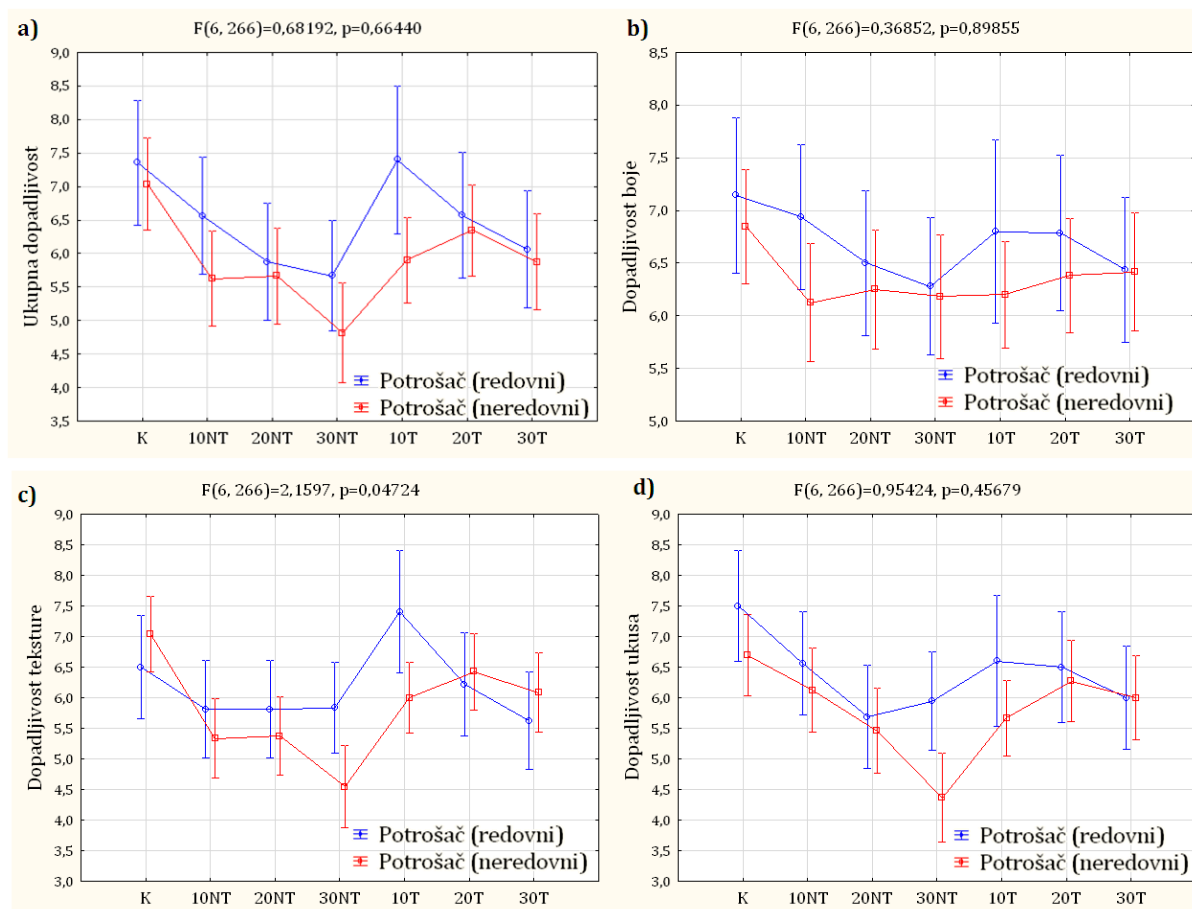
Faktor „Potrošač“ nije bio značajan jedino kada je u pitanju dopadljivost teksture što ukazuje da između neredovnih i redovnih potrošača integralnih testenina postoji značajna ($P < 0,05$) razlika u ocenjivanju ostalih posmatranih senzorskih svojstava. Međutim, interesantno je da generalno postoji saglasnost između ove dve kategorije potrošača kada je u pitanju rangiranje uzoraka po dopadljivosti (Slika 4.28), pri čemu su redovni potrošači integralnih testenina davali više ocene za posmatrana senzorska svojstva u poređenju sa neredovnim potrošačima.

Tabela 4.26. Analiza uticaja grupe potrošača na dopadljivost uzoraka taljatela

| Senzorsko svojstvo | Faktor | Stepen slobode | F | p |
|-----------------------|------------------------|----------------|-------|--------------|
| Ukupna dopadljivost | <i>Uzorak</i> | 6 | 4,792 | 0,000 |
| | <i>Potrošač</i> | 1 | 7,411 | 0,007 |
| | <i>Uzorak*Potrošač</i> | 6 | 0,682 | 0,664 |
| | <i>Greška</i> | 266 | | |
| Dopadljivost boje | <i>Uzorak</i> | 6 | 1,089 | 0,369 |
| | <i>Potrošač</i> | 1 | 4,073 | 0,045 |
| | <i>Uzorak*Potrošač</i> | 6 | 0,369 | 0,899 |
| | <i>Greška</i> | 266 | | |
| Dopadljivost teksture | <i>Uzorak</i> | 6 | 5,150 | 0,000 |
| | <i>Potrošač</i> | 1 | 2,907 | 0,089 |
| | <i>Uzorak*Potrošač</i> | 6 | 2,160 | 0,047 |
| | <i>Greška</i> | 266 | | |
| Dopadljivost ukusa | <i>Uzorak</i> | 6 | 4,922 | 0,000 |
| | <i>Potrošač</i> | 1 | 7,812 | 0,006 |
| | <i>Uzorak*Potrošač</i> | 6 | 0,954 | 0,457 |
| | <i>Greška</i> | 266 | | |

Vrednosti u tabeli koje su podeljene ukazuju na statističku značajnost ($P < 0,05$) rezultata

Rezultati ocene odabranih senzorskih svojstava uzoraka taljatelja od strane neredovnih i redovnih potrošača prikazani su na Slici 4.28.

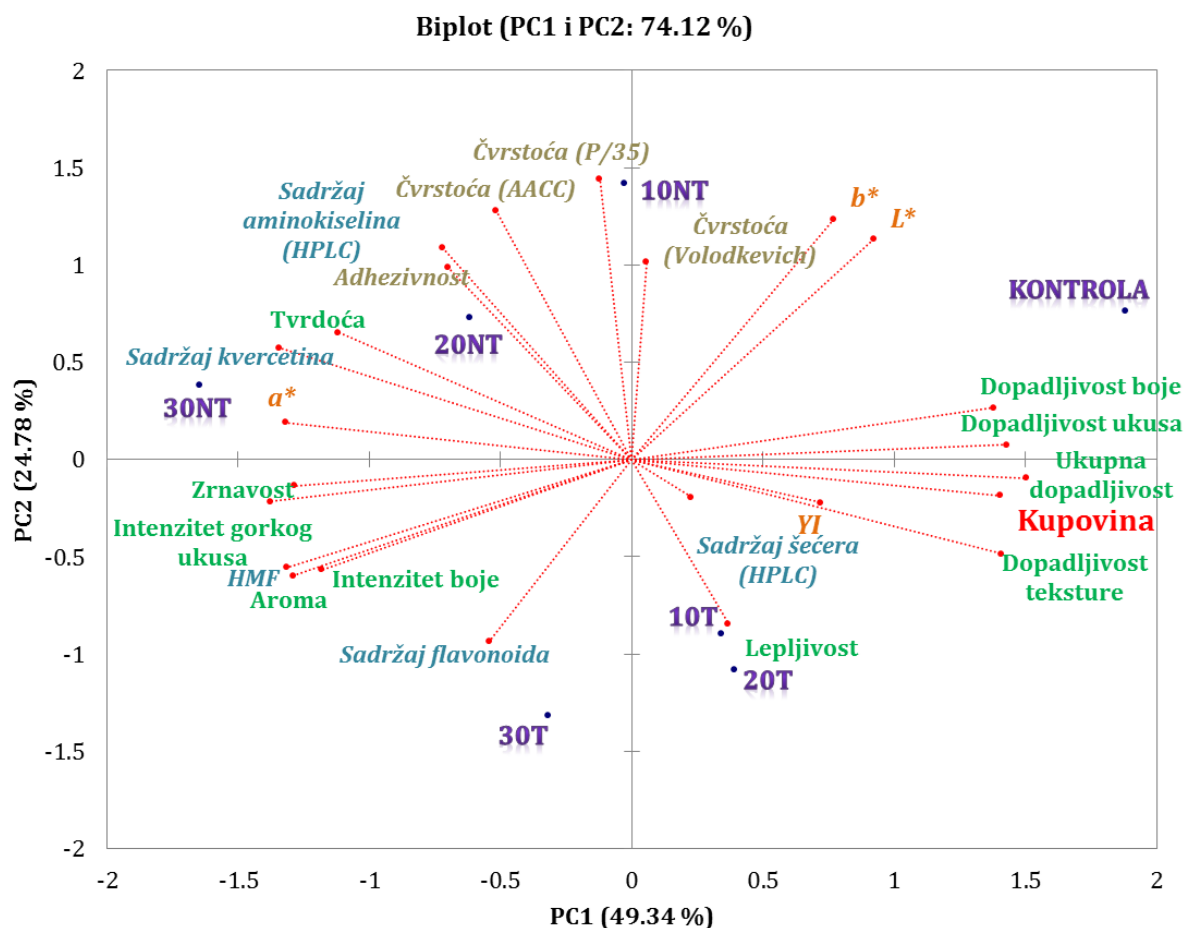


Slika 4.28. Rezultati ocene odabranih senzorskih svojstava uzoraka taljatelja od strane neredovnih i redovnih potrošača: a) ukupna dopadljivost; b) dopadljivost boje; c) dopadljivost teksture; d) dopadljivost ukusa

Dobijeni rezultati idu u prilog našoj pretpostavci da učestalo konzumiranje neke namirnice utiče na povećanje njene prihvatljivosti. Naime, na osnovu prezentovanih rezultata može se zaključiti da neredovni i redovni konzumenti integralnih testenina na sličan način doživljavaju odabrana senzorska svojstva, međutim, redovni potrošači, koji su upoznati sa svim specifičnostima ovakvih testenina i naviknuti su na njihov ukus i teksturne osobine, skloniji su većoj prihvatljivosti analiziranih uzoraka taljatelja.

4.3.4. Analiza glavnih komponenti primenjena na rezultate instrumentalnih merenja i potrošačkog testa

Primenom analize glavnih komponenti (PCA) utvrđeni su korelativni odnosi između instrumentalno izmerenih teksturnih osobina, boje, sadržaja šećera, aminokiselina, polifenolnih jedinjenja, HMF i potrošačke ocene odabranih senzorskih osobina proizvedenih taljatelja. Rezultati su prikazani na biplot dijagramu (Slika 4.29).



Slika 4.29. Biplot dijagram pozicije uzoraka taljatela u PC prostoru u odnosu na instrumentalno izmerene parametre i rezultate potrošačkog testa

PC analizom objašnjeno je 74,12% ukupne varijanse, pri čemu je doprinos prve glavne komponente (PC1) 49,34%. PC1 se može opisati sa dopadljivošću boje, ukusa, teksture i ukupnom dopadljivošću taljatela, o čemu svedoče visoke vrednosti kvadrata kosinusa pomenutih promenljivih (Tabela 4.27). Takođe, ovom glavnom komponentom opisana je i namera kupovine taljatela, koja je u statistički značajnoj ($P < 0,05$) korelaciji sa prethodno spomenutim senzorskim osobinama (dopadljivost boje $r = 0,861$; dopadljivost teksture $r = 0,858$; dopadljivost ukusa $r = 0,978$; ukupna dopadljivost $r = 0,936$). Dobijeni rezultati su u skladu sa korelacionom analizom prikazanom u Tabeli 4.24.

Tabela 4.27. Kvadrat kosinusa promenljivih

| Promenljiva* | F1 | F2 | Promenljiva* | F1 | F2 |
|-------------------------|--------------|-------|-----------------|--------------|--------------|
| Ukupna dopadljivost | 0,991 | 0,004 | L* | 0,372 | 0,560 |
| Dopadljivost boje | 0,833 | 0,031 | a* | 0,762 | 0,016 |
| Dopadljivost teksture | 0,869 | 0,104 | b* | 0,259 | 0,669 |
| Dopadljivost ukusa | 0,891 | 0,003 | Čvrstoća (AACC) | 0,117 | 0,715 |
| Intenzitet gorkog ukusa | 0,830 | 0,021 | Čvrstoća (P/35) | 0,007 | 0,911 |

| Promenljiva* | F1 | F2 | Promenljiva* | F1 | F2 |
|-----------------|--------------|-------|-----------------------|--------------|--------------|
| Intenzitet boje | 0,729 | 0,156 | Adhezivnost | 0,215 | 0,427 |
| Aroma | 0,611 | 0,141 | Sadržaj aminokiselina | 0,228 | 0,517 |
| Zrnavost | 0,724 | 0,008 | HMF | 0,759 | 0,135 |
| Tvrdoća | 0,549 | 0,187 | Sadržaj kvercetina | 0,792 | 0,145 |
| Kupovina | 0,863 | 0,015 | | | |

*Prikazane su samo promenljive čiji kvadrati kosinusa su bili najveći za prve dve glavne komponente

Vrednosti u tabeli koje su podebljane ukazuju da je doprinos promenljive najveći za posmatranu glavnu komponentu

PC1 je u negativnoj korelaciji sa tvrdoćom, zrnavošću, intenzitetom gorkog ukusa, intenzitetom boje i arome, kao i sa instrumentalno određenim, sadržajem kvercetina, flavonoida i HMF i sa a*. Na osnovu ovih rezultata, može se zaključiti da na kupovinu taljatela negativno utiču visok sadržaj HMF ($r = -0,720$, $P < 0,05$), na čije prisustvo može da ukaže intenzivniji crveni ton boje uzoraka (sadržaj HMF – a*: $r = 0,627$, $P < 0,05$) i viši sadržaj kvercetina ($r = -0,925$, $P < 0,05$), koji može biti uzročnik povećanog intenziteta gorkog ukusa (sadržaj kvercetina – intenzitet gorkog ukusa: $r = 0,795$, $P < 0,05$) i manje dopadljivosti ukusa (sadržaj kvercetina – dopadljivost ukusa: $r = -0,869$, $P < 0,05$).

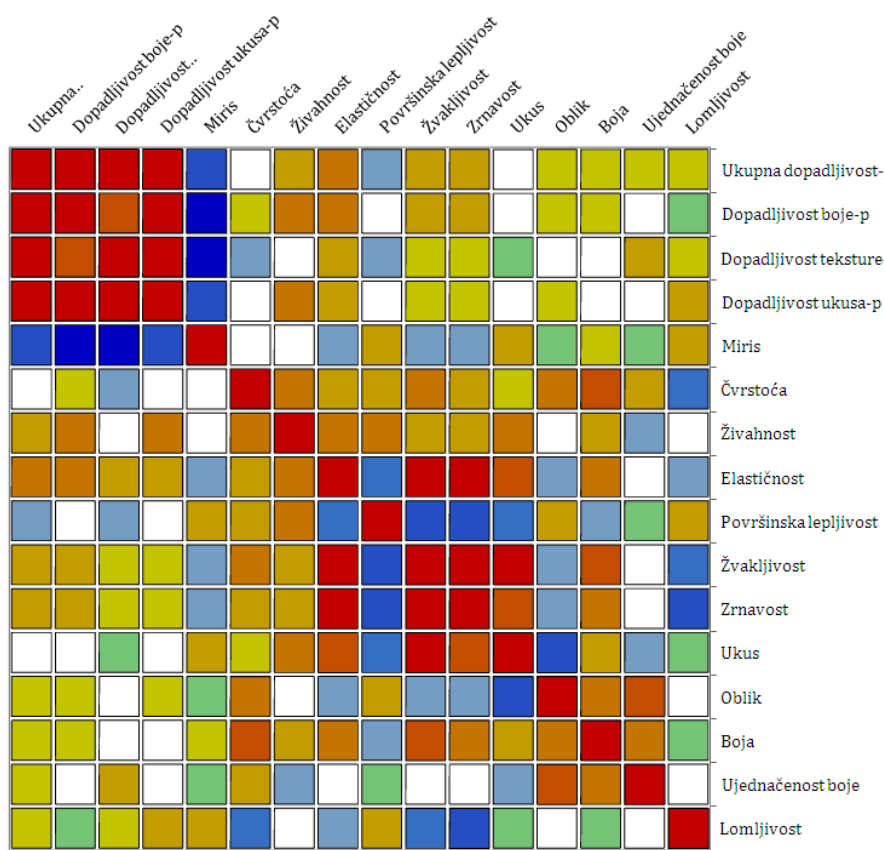
Druga glavna komponenta (PC2) objašnjava 24,78% varijanse, a povezana je sa instrumentalno određenim teksturnim svojstvima, parametrima boje (L^* i b^*) i sadržajem aminokiselina.

Posmatrajući dijagram, jasno je uočljivo međusobno razdvajanje uzoraka taljatela sa različitim integralnim heljdinim brašnima (netretirano i autoklavirano), kao i njihovo razdvajanje u odnosu na kontrolni uzorak. Uzorci taljatela sa dodatkom 10 i 20% netretiranog integralnog heljdinog brašna (10NT i 20NT) izdvajaju se u odnosu na čvrstoću, dok su uzorci taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom u negativnoj korelaciji sa njima, ukazujući na manju čvrstoću ovih uzoraka taljatela. Uzorak taljatele sa 30% netretiranog integralnog heljdinog brašna može se okarakterisati velikom zrnavošću, intenzivnim gorkim ukusom, i veoma izraženom aromom. Gorak ukus može biti posledica prisustva većeg sadržaja kvercetina i HMF. Prisustvo većeg sadržaja HMF može biti razlog izražene arome uzorka 30NT. Za razliku od pomenutih uzoraka, kontrolni uzorak odlikuje nizak sadržaj pomenutih jedinjenja određenih instrumentalno, kao i slabo izražena zrnavost i gorak ukus, što je, pretpostavlja se, doprinelo većoj potrošačkoj prihvatljivosti ukusa kontrolnog uzorka. Pored toga, kontrolni uzorak karakteriše i najdopadljivija boja i tekstura, a samim tim i veća potrošačka opredeljenost ka kupovini ovog proizvoda.

Analiziranjem pozicija uzoraka, korelativnih odnosa između posmatranih osobina taljatela i odgovora potrošača, može se zaključiti da je tokom proizvodnje obogaćenih taljatela potrebno optimizaciju formulacije i procesnih parametara usmeriti ka postizanju što sličnijih osobina onima koje poseduje kontrolna taljatela, a odnose se na

teksturna svojstva, ukus i smanjenu zrnastost. U tom smislu, navedene potrebe u pogledu optimizacije postupaka, idu u korist uzoraka taljatela sa dodatkom 10% i 20% autoklaviranog integralnog heljedinog brašna (10T i 20T), budući da su u odnosu na dobijene vrednosti analiziranih pokazatelja, najsličniji kontrolnom uzorku.

Analiziranjem korelacionih odnosa između senzorske ocene od strane panela utreniranih ocenjivača i potrošačke dopadljivosti, mogu se zapaziti samo umerene i slabe korelacije između posmatranih parametara, osim značajne ($P < 0,05$) negativne korelacije između mirisa i ukupne dopadljivosti. Ovo potvrđuje činjenicu da utrenirani ocenjivači i potrošači na drugačiji način sagledavaju i ocenjuju svojstva proizvoda. Naime, potrošači ocenjuju dopadljivost proizvoda, dok panel utreniranih ocenjivača sagledava nivoe kvaliteta svakog pojedinačnog senzorskog svojstva. S obzirom na ciljeve usmerene ka razvoju i optimizaciji proizvoda po meri potrošača, buduću senzorsku metodologiju trebalo bi prilagoditi u pravcu odabira svojstava/deskriptora potrošačkom profilu testenine.



Slika 4.30. Mapa korelacionih odnosa ocene senzorskih svojstava i potrošačke dopadljivosti
*Polja intenzivno crvene boje ukazuju na značajnu ($P < 0,05$) pozitivnu korelaciju, intenzivno plave boje na značajnu ($P < 0,05$) negativnu korelaciju
 Svetlija boja (crvena ili plava) ukazuje na slabu korelaciju*

5. ZAKLJUČAK

U radu je sprovedena karakterizacija sirovina, integralnog pšeničnog i integralnog heljdinog brašna pripremljenog na dva načina (sa hidrotermičkom pripremom – autoklavirano, i bez pripreme), koje su korišćene za proizvodnju taljatela, u pogledu njihovog nutritivnog i funkcionalnog sastava. U nastavku istraživanja ispitivan je uticaj različitog stepena supstitucije integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdnim brašnima na senzorski, nutritivni i funkcionalni profil nekuvanih i kuvanih taljatela.

Pored navedenog, deo istraživanja posvećen je ispitivanju sadržaja manje poželjnih jedinjenja u sirovinama i proizvedenim taljateljama, fitinske kiseline i hidroksimetilfurfurala.

U završnom delu rada sprovedeno je ispitivanje potrošačke prihvatljivosti proizvedenih taljatela i analiza namere njihove kupovine.

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci, koji se odnose na karakterizaciju sirovina (integralno pšenično brašno, integralno heljdino brašno – netretirano i autoklavirano):

- Integralna heljdina brašna korišćena u formulaciji za proizvodnju taljatela sadrže znatno ($P < 0,05$) više vlage, pepela, celuloze i masti, dok je sadržaj proteina niži u poređenju sa integralnim pšeničnim brašnom. Sadržaj skroba je gotovo na istom nivou u svim ispitivanim brašnima.
- Odgovarajućim spektrofotometrijskim metodama utvrđeno je da oba integralna heljdina brašna imaju značajno ($P < 0,05$) viši sadržaj minerala [više Ca (20–44), Mg (120–140%), Zn (30–38%), Cu (61–71%), Mn (58–112%), Fe (69–74%) i K (42–46%)] i ukupnih rastvorljivih polifenola (oko 44% više u netretiranom i oko 36% u autoklaviranom integralnom heljdnom brašnu), dok je značajno ($P < 0,05$) viši sadržaj fitinske kiseline određen u integralnom pšeničnom brašnu.
- Kvalitativnom HPLC analizom utvrđeno je da brašna korišćena u proizvodnji taljatela sadrže polifenolne kiseline (derivate hidroksibenzoeve kiseline: galnu, protokatehinsku, *p*-hidroksibenzoevu, vanilinsku i siringinsku kiselinu; derivate

cimetne kiseline: *p*-kumarinsku, ferulnu, kafenu, sinapinsku, hlorogensku i cimetnu kiselinu) i flavonoide (katehin i epikatehin). Flavonoidi, rutin i kvercetin, identifikovani su i kvantifikovani samo u integralnim heljdinim brašnima. Ukupan sadržaj polifenolnih jedinjenja u brašnima značajno ($P < 0,05$) se razlikuje. Najniži ukupni sadržaj polifenolnih jedinjenja određen je u integralnom pšeničnom brašnu (158,9 mg/kg s.m.), dok je u integralnim heljdinim brašnima njihov sadržaj viši oko 2,5 puta. U integralnom pšeničnom brašnu fenolne kiseline su uglavnom prisutne u vezanom obliku (oko 89%), u netretiranom integralnom heljdinom brašnu one su više zastupljene u slobodnom obliku (68%), dok je u autoklaviranom integralnom heljdinom brašnu odnos fenolnih kiselina u slobodnom i vezanom obliku gotovo izjednačen (55:45, slobodna u odnosu na vezanu frakciju).

- Kvalitativnom HPLC analizom utvrđeno je da brašna korišćena u proizvodnji taljatele sadrže saharozu, glukozu i fruktozu. Sadržaj šećera u integralnom pšeničnom brašnu veći je od sadržaja šećera u integralnim heljdinim brašnima.
- Sadržaj hidrosimetilfurfurala (HMF) u brašnima korišćenim sa proizvodnju taljatele kretao se u opsegu 0,11–5,30 mg/kg s.m., pri čemu oba integralna heljdina brašna imaju značajno ($P < 0,05$) viši sadržaj ovog jedinjenja.
- Rezultati antiradikalske aktivnosti ekstrakata brašna, ukazuju da ekstrakti oba integralna heljdina brašna (netretirano i autoklavirano) ispoljavaju znatno ($P < 0,05$) veću efikasnost u eliminisanju DPPH[•] u poređenju sa ekstraktom integralnog pšeničnog brašna.
- Tehnikom tačne hromatografije visoke rezolucije identifikovano je i kvantifikovano 17 aminokiselina: asparaginska kiselina, glutaminska kiselina, serin, histidin, glicin, arginin, alanin, tirozin, cistin, valin, metionin, triptofan, fenilalanin, izoleucin, leucin, lizin i prolin. Ukupni sadržaj identifikovanih aminokiselina u ispitivanim brašnima nalazi se u opsegu 226,9–247,6 g/kg s.m., pri čemu netretirano integralno heljdino brašno ima značajno ($P < 0,05$) najviši ukupan sadržaj aminokiselina. Proteini oba integralna heljdina brašna imaju značajno ($P < 0,05$) viši sadržaj asparaginske kiseline, arginina, histidina, tirozina, glicina i valina, dok je sadržaj glutaminske kiseline, prolina i izoleucina značajno viši u integralnom pšeničnom brašnu. Sadržaj lizina u svim ispitivanim uzorcima brašna ne razlikuje se značajno ($P < 0,05$).
- Analizom mikrostrukture uzoraka brašna, kod integralnog pšeničnog brašna jasno su vidljive granule skroba A i B-tipa i delovi mekinja. U uzorcima integralnih heljdinih brašna (autoklavirano i netretirano), pored pojedinačnih sfernih granula skroba, uočene su i prizmatične ćelije endosperma sa veoma gusto upakovanim granulama skroba.

Rezultati koji se odnose na uticaj različitog stepena supstitucije integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdnim brašnima na nutritivni, funkcionalni i senzorski profil nekuvanih i kuvanih taljatele, upućuju na sledeće zaključke:

- Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdnim brašnom u formulacijama taljatele odrazila se na promene sadržaja gotovo svih ispitivanih nutrijenata (proteini, skrob, celuloza, šećeri, masti, prehrambena vlakna). Porast udela netretiranog integralnog heljdnog brašna u formulaciji taljatele doprineo je povećanju sadržaja pepela, proteina i celuloze, dok je sadržaj šećera nešto niži u poređenju sa kontrolnim uzorkom od integralnog pšeničnog brašna. Sa druge strane, autoklavirano integralno heljdnino brašno ispoljilo je negativan uticaj na sadržaj pomenutih nutrijenata i kod uzoraka taljatele koje sadrže ovo brašno zabeleženo je povećanje sadržaja masti u odnosu na sve ostale uzorke taljatele, kao i povećanje sadržaja prehrambenih vlakana, ali samo u odnosu na taljatele sa netretiranim integralnim heljdnim brašnom.
- Na osnovu rezultata spektrofotometrijski određenog sadržaja fitinske kiseline, može se zaključiti, da proizvodnja taljatele, nema uticaja na sadržaj fitinske kiseline u svim ispitivanim uzorcima, osim u kontrolnom uzorku, koga odlikuje značajno ($P < 0,05$) sniženje sadržaja ovog jedinjenja u poređenju sa sadržajem u brašnu od kog je uzorak proizveden (integralno pšenično brašno). Zapaženo je da taljatele koje sadrže različite udele autoklaviranog integralnog heljdnog brašna imaju i do 28% niži sadržaj fitinske kiseline u poređenju sa taljatelama koje sadrže različite udele netretiranog integralnog heljdnog brašna. Kuvanjem taljatele, sadržaj fitinske kiseline se povećava. Najveći sadržaj fitinske kiseline određen je u kuvanim uzorcima taljatele sa različitim udelom netretiranog integralnog heljdnog brašna, potom u kontrolnom uzorku, a značajno ($P < 0,05$) najniži sadržaj fitinske kiseline određen je u uzorcima taljatele sa različitim udelom autoklaviranog integralnog heljdnog brašna.
- Na osnovu rezultata spektrofotometrijski određenog sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola, može se zaključiti da tokom procesa proizvodnje taljatele dolazi do smanjenja sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola u svim ispitivanim uzorcima u odnosu na njihov sadržaj u brašnima od kojih su taljatele napravljene. Supstitucijom dela integralnog pšeničnog brašna, sa obe vrste integralnog heljdnog brašna, značajno ($P < 0,05$) se povećava sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola, u odnosu na kontrolni uzorak. Sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola u ekstraktima taljatele sa autoklaviranim integralnim heljdnim brašnom varirao je od 0,72 do 0,78 mg GAE/g s.m. uzorka i od 0,79 do 0,91 mg GAE/g s.m. uzorka za taljatele sa netretiranim heljdnim brašnom. Tokom kuvanja taljatele sadržaj ukupnih rastvorljivih polifenola smanji se u opsegu od 13 do 19%, pri čemu veći gubici polifenola koreliraju sa većim gubicima organskih materija.

- HPLC kvantitativnom analizom utvrđeno je da se supstitucijom dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnima doprinosi značajnom ($P < 0,05$) povećanju sadržaja fenolnih kiselina u taljatelama. Takođe, supstitucijom je postignuto da se u obogaćenim taljatelama, osim flavonoida, katehina i epikatehina, prisutnih u kontrolnom uzorku, identifikuju i kvantifikuju i rutin i kvercetin.
- Kvantitativnom HPLC analizom utvrđeno je da supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnima utiče na povećanje gubitaka polifenolnih jedinjenja tokom kuvanja (oko tri puta veći gubici u poređenju sa kontrolnim uzorkom), pri čemu u vodu tokom kuvanja pređe oko 4,4% ukupnih polifenolnih jedinjenja, dok se oko 58% razgradi. U kuvanim taljatelama sa različitim udelom netretiranog integralnog heljdinog brašna uočeno je smanjenje sadržaja rutina koje je praćeno povećanjem sadržaja kvercetina.
- Kvantitativnom HPLC analizom sadržaja šećera u nekuvanim taljatelama uočeno je smanjenje sadržaja saharoze i povećanja sadržaja glukoze i fruktoze sa porastom udela integralnog heljdinog brašna (autoklavirano ili netretirano) u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Tokom kuvanja, sadržaj šećera u svim ispitivanim uzorcima se značajno smanji, a najveći gubici su zabeleženi u uzorcima sa različitim udelima netretiranog integralnog heljdinog brašna.
- Sadržaj hidrosimetilfurfurala (HMF) u nekuvanim taljatelama kretao se u opsegu od 0,12–5,26 mg/kg s.m., i njegov sadržaj se povećavao sa povećanjem udela integralnog heljdinog brašna, naročito autokoaviranog. Tokom kuvanja sadržaj HMF se uvećavao u taljatelama sa različitim udelom netretiranog, a smanjivao kod taljatela sa sa različitim udelom autoklaviranog integralnog heljdinog brašna.
- Rezultati antiradikalske aktivnosti ekstrakata proizvedenih nekuvanih taljatela ukazuju da se sa povećanjem udela integralnog heljdinog brašna u formulacijama taljatela povećava efikasnost u eliminisanju DPPH'. Na osnovu izračunatih IC_{50} vrednosti utvrđen je sledeći redosled antiradikalske aktivnosti ekstrakata nekuvanih taljatela: 30T > 30NT > 10T > 20T > 20NT > 10NT > Kontrola. Proces kuvanja taljatela doprineo je značajnim gubicima u antiradikalnoj aktivnosti ekstrakata kontrolnog uzorka i taljatela sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, dok se antiradikalna sposobnost ekstrakata taljatela sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom uvećava. Na osnovu izračunatih IC_{50} vrednosti utvrđen je sledeći redosled antiradikalske aktivnosti ekstrakata kuvanih taljatela: 30NT > 20NT > 30T > 20T > 10NT > 10T > Kontrola.
- Korelacionom analizom između antioksidativnih svojstava ekstrakata brašna, nekuvanih i kuvanih taljatela, sadržaja fitohemikalija i HMF-a, utvrđeno je postojanje statistički značajne korelacije ($P < 0,05$) između antioksidativne

aktivnosti ispitivanih uzoraka i sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola dobijenih korišćenjem Folin-Ciocalteu metode ($r = -0,629$), sadržaja slobodne frakcije fenolnih kiselina određenih HPLC metodom ($r = -0,601$), sadržaja slobodne ($r = -0,565$) i vezane ($r = -0,557$) frakcije flavonoida određenih HPLC metodom i sadržaja HMF određenog HPLC metodom ($r = -0,699$, $P < 0,05$). Najveći stepen korelacije utvrđen je između sadržaja ukupnih rastvorljivih polifenola dobijenih korišćenjem Folin-Ciocalteu metode i sadržaja slobodne frakcije fenolnih kiselina određenih HPLC metodom ($r = 0,964$).

- HPLC analizom sadržaja aminokiselina u proizvedenim taljatelama, utvrđeno je da proces proizvodnje i kuvanje taljatele doprinosi povećanju ukupnog sadržaja aminokiselina u poređenju sa rezultatima očekivanim na osnovu njihovog sadržaja u brašnima i nekuvanim taljatelama. Kuvanjem se sadržaj većine aminokiselina povećava i najveće je u uzorcima taljatele sa različitim udelima autoklaviranog integralnog heljdinog brašna (10–26%). Proces proizvodnje i kuvanje nepovoljno utiču na sadržaj lizina u svim ispitivanim taljatelama.
- Supstitucija dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnom (autoklaviranim ili netretiranim) doprinosi značajnim ($P < 0,05$) promenama u kvalitetu kuvanih taljatele, koje se ogleda u skraćenju vremena kuvanja taljatele, povećanju procenta njihovog raskuvavanja i povećanoj sposobnosti apsorpcije vode, u odnosu na kontrolni uzorak od integralnog pšeničnog brašna.
- Instrumentalnim određivanjem boje ustanovljeno je da sve proizvedene taljatele imaju boju u opsegu od bež do braon nijanse, a razlike u boji nastale usled supstitucije vidljive su ljudskim okom. Prisustvo oba integralna heljdina brašna u formulacijama taljatele doprinelo je značajno ($P < 0,05$) tamnijoj boji uzoraka taljatele usled smanjene svetloće (L^*), smanjenog udela crvene (a^*) i žute (b^*) boje, naročito pri višim nivoima supstitucije. Kuvane taljatele su svetlije, sa smanjenim intenzitetom žutog tona i braon boje u odnosu na nekuvane taljatele.
- Instrumentalnim određivanjem teksturnih osobina nekuvanih taljatele utvrđeno je da dodatak oba integralna heljdina brašna u formulaciju za taljatele doprinosi značajnom ($P < 0,05$) smanjenju tvrdoće i lomljivosti nekuvanih taljatele u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Prisustvo netretiranog integralnog heljdinog brašna utiče na značajno ($P < 0,05$) povećanje čvrstoće i smanjenje adhezivnosti uzoraka kuvanih taljatele, dok prisustvo autoklaviranog integralnog heljdinog brašna dovodi do značajnog ($P < 0,05$) smanjenja čvrstoće i povećanja adhezivnosti kuvanih taljatele.
- Na osnovu rezultata senzorske ocene nekuvanih taljatele, uz primenu panela utreniranih ocenjivača, može se zaključiti da je postignut vrlo dobar kvalitet svih uzoraka taljatele. Najujednačeniji kvalitet posmatranih svojstava ostvaren kod kontrolnog uzorka, ali je, ukupno sagledavajući rezultate, najbolji senzorski

kvalitet postignut kod taljatela sa 10 i 20% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna, kao i kod uzorka sa 10% netretiranog integralnog heljdinog brašna. Kada je u pitanju senzorski kvalitet kuvanih taljatela, razlike u kvalitetu između kontrolnog i uzorka taljatela sa integralnim heljdinim brašnima su izraženije, i idu u korist kontrolnog uzorka, naročito kada su u pitanju teksturne osobine taljatela (čvrstoća, žvakljivost, zrnavost).

- Na osnovu rezultata ocene ukupne dopadljivosti, dopadljivosti boje, teksture i ukusa u okviru senzorske ocene kuvanih taljatela uz primenu panela potrošača, potrošačima se najviše svideo kontrolni uzorak, dok su uzorci taljatela u kojima je deo integralnog heljdinog brašna supstituisan integralnim heljdinim brašnima značajno ($P < 0,05$) lošije ocenjeni.
- Sagledavajući rezultate korelacione analize između ispitivanih parametara u potrošakoj oceni kuvanih taljatela, može se zaključiti da na sud potrošača o dopadljivosti testenine veliki uticaj imaju stepen dopadljivosti boje ($r = 0,664$), teksture ($r = 0,673$) i ukusa ($r = 0,790$), dok povećana zrnavost ($r = -0,394$) i gorak ukus ($r = -0,314$) imaju nešto slabiji, ali negativan uticaj na njenu dopadljivost.
- Analiziranjem rezultata uticaja „prethodnog iskustva“, tj. senzorske ocene od strane „redovnih“ i „neredovnih“ potrošača integralnih testenina, može se zaključiti da navedene grupe potrošača na sličan način doživljavaju odabrana senzorska svojstva, ali ih značajno ($P < 0,05$) različito ocenjuju. Naime, redovni potrošači, koji su upoznati sa svim specifičnostima integralnih testenina i naviknuti su na njihov ukus i teksturne osobine, skloniji su većoj prihvatljivosti analiziranih uzoraka taljatela.

Na osnovu dobijenih rezultata, koji se odnose na netretirano i autoklavirano integralno heljdino brašno, nekuvane i kuvane taljatele, mogu se izvesti sledeći zaključci o uticaju procesa autoklaviranja:

- Analiziranjem rezultata hemijskog sastava (sadržaj proteina, skroba, celuloze), spektrofotometrijski određenog sadržaja mineralnih materija (Ca, Cu, Mn i K), fitinske kiseline i ukupnih rastvorljivih polifenola, HPLC analizom sadržaja polifenolnih jedinjenja i aminokiselina, utvrđeno je da proces autoklaviranja negativno utiče na pomenute parametre, budući da je njihov sadržaj u autoklaviranom integralnom heljdinom brašnu, kao i u taljatelama koje sadrže ovo brašno značajno ($P < 0,05$) snižen u poređenju sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom i taljatela koje sadrže netretirano integralno heljdino brašno.
- Proces autoklaviranja doprinosi povećanju sadržaja fenolnih kiselina u vezanom obliku, povećanju sadržaja flavonoida i smanjenju gubitaka i konverzije rutina

tokom proizvodnje i kuvanja taljatele, u poređenju sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom taljatelama koje sadrže ovo brašno.

- Proces autoklaviranja doprinosi razlikama kako u ukupnom sadržaju ispitivanih šećera, tako i u pojedinačnom doprinosu svakog šećera ponaosob. Taljatele sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom sadrže značajno ($P < 0,05$) više saharoze, dok je sadržaj glukoze i fruktoze značajno ($P < 0,05$) niži u poređenju sa taljatelama koje sadrže netretirano integralno heljdino brašno.
- Proces autoklaviranja dovodi do značajnog ($P < 0,05$) povećanja sadržaja hidroksimetilfurfurala u autoklaviranom integralnom heljdinom brašnu (gotovo 50 puta veći sadržaj u odnosu na netretirano integralno heljdino brašno i oko 6 puta veći sadržaj netretiranim integralnim heljdinim brašnom), i u taljatelama koje sadrže ovo brašno.
- Analizom rezultata antiradikalske aktivnosti ekstrakata brašna na DPPH[•] može se zaključiti da proces autoklaviranja istovremeno dovodi do degradacije jednih (ukupni rastvorljivi polifenoli) i razvoja drugih (proizvodi Maillard-ove reakcije) komponenti sa antiradikalnim delovanjem, usled čega, taljatele koje sadrže autoklavirano integralno heljdino brašno ipak pokazuju izrazitiju antiradikalnu aktivnost u poređenju sa taljatelama koje sadrže netretirano integralno heljdino brašno.
- Upotreba autoklaviranog integralnog heljdinog brašna za supstituciju dela integralnog pšeničnog brašna, doprinela je značajnom ($P < 0,05$) skraćenju vremena kuvanja, povećanju gubitaka pri kuvanju i većem stepenu bubrenja, ali značajno ($P < 0,05$) manjoj sposobnosti apsorpcije vode taljatele sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom, u odnosu na taljatele sa različitim udelom netretiranog integralnog heljdinog brašna.
- Proces autoklaviranja zrna heljde doprinosi značajnom ($P < 0,05$) smanjenju svetloće (L^*) i povećanju udela crvene boje (a^*) autoklaviranog integralnog heljdinog brašna usled čega su taljatele sa ovim brašnom značajno tamnije i sa jače izraženom crvenom i braon bojom (YI), u odnosu na taljatele sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom.
- Upotrebom autoklaviranog integralnog heljdinog brašna za supstituciju dela integralnog pšeničnog brašna dobijaju se taljatele koje su značajno ($P < 0,05$) manje lomljive, a nakon kuvanja manje čvrste i adhezivnije u poređenju sa taljatelama koje sadrže netretirano integralno heljdino brašno.
- Na osnovu rezultata senzorske ocene kuvanih taljatele uz primenu panela utreniranih ocenjivača, može se zaključiti da je kod taljatele sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom postignut lošiji senzorski kvalitet u pogledu

čvrstoće i površinske lepljivosti u poređenju sa taljatelama koje sadrže netretirano integralno heljdino brašno. Rezultati ukazuju da je autoklaviranje doprinelo smanjenju zrnivosti, što je uticalo na poboljšanje kvaliteta ukusa ovih uzoraka taljatele.

- Na osnovu rezultata senzorske ocene kuvanih taljatele obogaćenih različitim heljdinim brašnom (autoklavirano ili netretirano), uz primenu panela potrošača, može se zapaziti da je dopadljivost taljatele sa autoklaviranim integralnim heljdinim brašnom nešto veća, naročito u pogledu dopadljivosti teksture, u odnosu na taljatele sa netretiranim integralnim heljdinim brašnom.
- Analiziranjem korelacionih odnosa između instrumentalno izmerenih funkcionalnih pokazatelja kvaliteta (sadržaj aminokiselina, sadržaj šećera, sadržaj flavonoida, sadržaj kvercetina i sadržaj HMF-a), teksturnih osobina i boje kuvanih taljatele i njihove potrošačke ocene, može se zaključiti da je tokom proizvodnje obogaćenih taljatele potrebno optimizaciju formulacije i procesnih parametara usmeriti ka smanjenju zrnivosti i postizanju što sličnijeg ukusa i teksturnih svojstava kontrolnoj taljатели, obzirom da potrošači negativno reaguju na previše izraženu zrnivost, aromu i gorak ukus. U tom smislu, rezultati potrošačkog testa ukazuju da je proces autoklaviranja jedan od dobrih načina za prevazilaženje nedostataka nastalih supstituisanjem dela integralnog pšeničnog brašna integralnim heljdinim brašnima. Rezultati ukazuju da su taljatele sa 10% i 20% autoklaviranog integralnog heljdinog brašna najsličnije kontrolnom uzorku.

Sagledavajući sve iznete zaključke, generalni zaključak doktorske disertacije je:

Sagledavajući sve ispitivane parametre kvaliteta taljatele proizvedenih od integralnog pšeničnog brašna i smeše integralnog pšeničnog i integralnog heljdinog brašna (autoklavirano ili netretirano), može se konstatovati da se taljatele sa dodatkom vrednošću mogu proizvesti ukoliko se vodi računa o optimizaciji formulacije, koja podrazumeva postizanje kompromisa između porasta sadržaja nutritivno vrednih komponenti taljatele uz postizanje prihvatljivog senzorskog profila. Iako se taljatele obogaćene integralnim heljdinim brašnom razlikuju od taljatele proizvedenih od integralnog pšeničnog brašna u pogledu nutritivnih, funkcionalnih i senzorskih osobina, ostvarene razlike ukazuju na mogućnost dodatnog unapređenja kvaliteta sirovina i postupka proizvodnje.

Budući da se radi o integralnim testeninama, u čiju formulaciju osim endosperma ulaze i mekinje zrna pšenice i heljde, kao dalji pravac istraživanja, nameće se potreba za prevazilaženjem problema zrnivosti i gorkog ukusa, s obzirom da ova svojstva narušavaju senzorsku dopadljivost testenina. Nadalje, primenom integralnog heljdinog brašna dobijenog mlevenjem zrna heljde koja su hidrotermički tretirana u autoklavu, postignuto je u izvesnoj meri smanjenje intenziteta zrnivosti i gorkog ukusa. Dalja

istraživanja treba usmeriti ka optimizaciji primenjenog hidrotermičkog tretmana, ili ispitati neki drugi sličan tretman, kao što je obrada zrna parom.

6. LITERATURA

- Abdel-Aal, E. S. M., Huci, P., Sosulski, F. W., Graf, R., Gillott, C., Pietrzak, L. (2001). Screening spring wheat for midge resistance in relation to ferulic acid content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 3559–3566.
- Abecassis, J., Abbou, R., Chaurand, M., Morel, M. H., Vernoux, P. (1994). Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality. *Cereal Chemistry*, 71, 247–253.
- Abozed, S. S., El-kalyoubi, M., Abdelrashid, A., Salama, M. F. (2014). Total phenolic contents and antioxidant activities of various solvent extracts from whole wheat and bran. *Annals of Agricultural Sciences*, 59, 63–67.
- Acquistucci, R. (2000). Influence of Maillard reaction on protein modification and colour development in pasta. Comparison of different drying conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 33, 48–52.
- Adom, K. K., Liu, R. H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6182–6187.
- Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N. A., Latif, M. S. Z., Randhawa, M. A. (2014). Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review. *Journal of Agricultural Science*, 152, 349–369.
- Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K., Prasada Rao, U. J. S. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 219–224.
- Alajaji, S. A., El-Adawy, T. A. (2006). Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 806–812.
- Alamprese, C., Casiraghi, E., Pagani, M. A. (2007). Development of gluten-free fresh egg pasta analogues containing buckwheat. *European Food Research and Technology*, 221, 759–767.
- Almanza-Benitez, S., Osorio-Díaz, P., Méndez-Montesalvo, G., Islas-Hernández, J. J., Bello-Perez, L. A. (2015). Addition of acid-treated unripe plantain flour modified the starch digestibility, indigestible carbohydrate content and antioxidant capacity of semolina spaghetti. *LWT - Food Science and Technology*, 62, 1127–1133.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E.K., Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119, 770–778.
- Ames, N. P., Clarke, J. M., Marchylo, B. A., Dexter, J. E., Schlichting, L. M., Woods, S. M. (2003). The effect of extra strong gluten on quality parameters in durum wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 83, 525–532.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.

- Aravind, N., Sissons, M., Egan, N., Fellows, C. (2012). Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 130, 299-309.
- Ariffin, A. A., Ghazali, H. M., Kavousi, P. (2014). Validation of a HPLC method for determination of hydroxymethylfurfural in crude palm oil. *Food Chemistry*, 154, 102-107.
- Avanza, M., Acevedo, B., Chaves, M., Anon, M. (2013). Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: Principal component analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 51, 148-157.
- Bagdi, A., Szabó, F., Gere, A., Kókai, Z., Sipos, L., Tömösközi, S. (2014). Effect of aleurone-rich flour on composition, cooking, textural, and sensory properties of pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 59, 996-1002.
- Baiano, A., Lamacchia, C., Fares, C., Terracone, C., La Notte, E. (2011). Cooking behaviour and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 1226-1232.
- Barbioli, A., Bonomi, F., Casiragi, M. C., Iametti, S., Pagani, M. A., Marti, A. (2013). Process conditions affect starch structure and its interactions with proteins in rice pasta. *Carbohydrate Polymers*, 92, 1865-1872.
- Barker, C. J., Berggren, P. (1999). Inositol hexakisphosphate and beta-cell stimulus secretion coupling. *Anticancer Research*, 19, 3737-3742.
- Bejarović, G. (2001). Tehnologija proizvodnje testenine. Tiski cvet, Novi Sad.
- Bilgiçli, N. (2009a). Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 514-518.
- Bilgiçli, N. (2009c). Utilization of buckwheat flour in gluten-free egg noodle production. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6, 113-115.
- Bilgiçli, N. (2009b). Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of eriste, Turkish noodle. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, S4, 70-80.
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E. N., Türker, S., Ertaş, N., İbanoğlu, Ş. (2006). Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77, 680-686.
- Biney, K., Beta, T. (2014). Phenolic profile and carbohydrate digestibility of durum spaghetti enriched with buckwheat flour and bran. *LWT-Food Science and Technology*, 57, 569-579.
- Bonafaccia, G., Fabjan, N. (2003c). Nutritional comparison of tartary buckwheat with common buckwheat and minor cereals. *Reserch Reports, Biotehnoški fakultet, Univerzitet u Ljubljani, Slovenija*, 81, 349-355.
- Bonafaccia, G., Gambelli, L., Fabjan, N., Kreft, I. (2003b). Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 53, 165-171.
- Bonafaccia, G., Marocchini, M., Kreft, I. (2003a). Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 80, 9-15.
- Bondet, W., Williams, B., Berset, C. (1997). Kinetics and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *LWT-Food Science and Technology*, 30, 609-615.
- Bonomi, F., D'Egidio, M. G., Iametti, S., Marengo, M., Marti, A., Pagani, M. A., Ragg, E. M. (2012). Structure-quality relationship in commercial pasta: A molecular glimpse. *Food Chemistry*, 135, 348-355.

- Boroski, M., de Aguiar, A. C., Boeing, A. S., Rotta, E. M., Wibby, C. L., Bonafé, E. G., de Souza, N. E., Visentainer, J. V. (2011). Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. *Food Chemistry*, 125, 696–700.
- Brennan, C. S., Tudorica, C. M., Kuri, V. (2002). Soluble and insoluble dietary fibres (non-starch polysaccharides) and their effects on food structure and nutrition. *Food Industry Journal*, 5, 261–272.
- Brennan, C. S., Kuri, V., Tudorica, C. M. (2004). Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86, 189–193.
- Bringelsson, S., Dimberg, L. H., Kamal-Eldin, A. (2002). Effect of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50, 1890–1896.
- Bushuk, W. (1985). Rheology: Theory and application to wheat flour doughs. Pages 1-26 in: *Rheology of Wheat Product*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Bustos, M. C., Pérez, G. T., León, A. E. (2011). Effect of four types of dietary fiber on the technological quality of pasta. *Food Science and Technology International*, 17, 213–219.
- Bustos, M. C., Pérez, G. T., León, A. E. (2015). Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *RSC Advances*, 5, 30780–30792.
- Campbell, C. G. (1997). Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 19. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Caprez, A., Arrigoni, E., Amado, R., Neucom, H. (1986). Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 4, 233–239.
- Capuano, E., Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT–Food Science and Technology*, 44, 793–810.
- Chen, X., Ahn, D. U. (1998). Antioxidant activities of six natural phenolics against lipid oxidation induced by Fe²⁺ or ultraviolet light. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 1717–1721.
- Cheyne, A., Barnes, J., Gedney, S., Wilson, D. I. (2005). Extrusion behaviour of cohesive potato starch pastes: II. Microstructure–process interactions. *Journal of Food Engineering*, 66, 13–24.
- Chillo, S., Civica, V., Iannetti, M., Suriano, N., Mastromatteo, M., Del Nobile, M. A. (2009). Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. *Carbohydrate Polymers*, 78, 932–937.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Del Nobile, M. A. (2008b). Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering*, 84, 101–107.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Del Nobile, M. A., (2007). Effect of carboxymethylcellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti. *Journal of Food Engineering*, 83, 492–500.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A., Del Nobile, M. A. (2008a). Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*, 47, 144–152.

- Choy, A. L., Morrison, P. D., Hughes, J. G., Marriott, P. J., Small, D. M. (2013). Quality and antioxidant properties of instant noodles enhanced with common buckwheat flour. *Journal of Cereal Science*, 57, 281–287.
- Christa, K., Soral-Šmietana, M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components – a review. *Czech Journal of Food Science*, 26, 153–162.
- Chung, O. K., Pomeranz, Y., Finney, K. F. (1978). Wheat flour lipids in bread making. *Cereal Chemistry*, 55, 598–618.
- CIE. (1976). International Commission on Illumination, Colorimetry: Official Recommendation of the International Commission on Illumination. Publication CIE No. (E-1.31) Bureau Central de la CIE, Paris, France.
- Clopicka, J., Pasko, P., Gorinstein, S., Jedryas, A., Zagrodzki, P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT–Food Science and Technology*, 46, 548–555.
- Costantini, L., Lukšič, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L., Merendino, N. (2014). Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food Chemistry*, 165, 232–240.
- Costell, E., Tárrega, A., Bayarri, S. (2010). Food acceptance: the role of consumer perception and attitudes. *Chemosensory Perception*, 3, 42–50.
- Crosbie, G. B., Ross, A. S., Moro, T., Chiu, P. C. (1999). Starch and protein quality requirements of Japanese alkaline noodles (ramen). *Cereal Chemistry*, 76, 328–334.
- Cubadda, F., Aureli, F., Raggi, A., Carcea, M. (2009). Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 49, 92–97.
- Cubadda, R. (1988). *Durum Wheat: Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, MN.
- Cuq, B., Gonçalves, F., Mas, J. F., Varelle, L., Abecassis, J. (2003). Effect of content and temperature of spaghetti on their mechanical properties. *Journal of Food Engineering*, 59, 51–60.
- D'Egidio, M. G., Nardi, S. (1996). Textural measurements of cooked spaghetti. In Eds J. E. Kruger, R. R. Matsuo, and J. W. Dick, *Pasta and Noodle Technology*, (pp. 133–156). American Association of Cereal Chemistry, St Paul, MN.
- Dawe, P. R. (2001). Pasta mixing and extrusion. In: *Pasta and semolina technology*. BlackwellScience, Oxford, UK, 86–118.
- De Noni, I., Pagani, M. A. (2010). Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 465–472.
- Delgado-Andrade, C. (2014). Maillard reaction products: some considerations on their health effects. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 52, 53–60.
- Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., Haro, A., Castellano, R., Navarro, M. P. (2010). Development of the Maillard reaction in foods cooked by different techniques. Intake of Maillard-derived compounds. *Food Chemistry*, 122, 145–153.
- Demir, M. K., Elgun, A. J. (2014). Comparison of autoclave, microwave, IR and UV-C stabilization of whole wheat flour branny fractions upon the nutritional properties of whole wheat bread. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 59–66.

- Dexter, J. E., Matsuo, R. R., Morgan, B. S. (1983). Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. *Journal of Food Science*, 48, 1545–1551.
- Dhanasettakorn, K., Grün, I U., Lin, M., Ellersieck, M. (2009). Studying physiochemical changes in a new pasta product containing beef heart by vibrational spectroscopy. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 3, 122–129.
- Dick, J. W., Youngs, V. L. (1988). Evaluation of durum wheat, semolina, and pasta in the United States. In: Fabriani, G., Lintas, C. (eds), *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 237–248.
- Dietrych-Szostak, D., Oleszek, W. (1999). Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möech) grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 4383–4387.
- Dykes, L., Rooney, L. W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*, 52, 105–111.
- Dorđević, T. M., Šiler-Marinković, S. S., Dimitrijević-Branković, S. I. (2010). Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food Chemistry*, 119, 957–963.
- Eggum, B. O., Kreft, I., Javornik, B. (1980). Chemical composition and protein quality of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Plant Foods for Human Nutrition*, 30, 175–179.
- Egli, I., Davidsson, L., Juillerat, M. A., Barclay, D., Hurrell, R. (2003). Phytic acid degradation in complementary foods using phytase naturally occurring in whole grain cereals. *Journal of Food Science*, 68, 1855–1859.
- Endrizzi, I., Torri, L., Corollaro, M. L., Demattè, M. L., Aprea, E., Charles, M., Biasioli, F., Gasperi, F. (2015). A conjoint study on apple acceptability: Sensory characteristics and nutritional information. *Food Quality and Preference*, 40, 39–48.
- Ertaş, N. (2015). Effect of wheat bran stabilization methods on nutritional and physico-mechanical characteristics of cookies. *Journal of Food Quality*, 38, 184–191.
- Espin, J. C., Soler-Rivas, C., Wichers, H. J. (2000). Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 648–656.
- Fabjan, N., Rode, J., Kosir, I. J., Wang, Z. H., Zhang, Z., Kreft, I. (2003). Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercetin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6452–6455.
- FAOSTAT (2013). FAO Statistical Databases. Rome: FAO. Available online at: <http://faostat.fao.org/> (verified 24 February 2013).
- Fares, C., Menga, V. (2012). Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour added to durum wheat pasta. *Food Chemistry*, 131, 1140–1148.
- Fares, C., Platani, C., Baiano, A., Menga, V. (2010). Effect of processing and cooking on phenolic acid profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta enriched with debranning fractions of wheat. *Food Chemistry*, 119, 1023–1029.
- Febles, C. I., Arias, A., Hardisson, A., Rodríguez-Alvarez, C., Sierra, A. (2002). Phytic acid level in wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 36, 19–23.
- Feillet, P., Dexter, J. E. (1996). Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In: *Pasta and Noodles Technology*, AACC International, MN, 95–131.

- Ficco, D. B. M., Riefolo, C., Nicastro, G., De Simone, V., Di Gesù, A. M., Beleggia, R., Platani, C., Cattivelli, L., De Vita, P. (2009). Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. *Field Crops Research*, 111, 235–242.
- Filipčev, B., Šimurina, O., Sakač, M., Sedej, I., Jovanov, P., Pestorić, M., Bodroža-Solarov, M. (2011). Feasibility of use of buckwheat flour as an ingredient in ginger nut biscuit formulation. *Food Chemistry*, 125, 164–170.
- Fonteles, M. C., Almeida, M. Q., Larner, J. (2000). Antihyperglycemic effects of 3-O-methyl-D-chiro-inositol and D-chiro-inositol associated with manganese in streptozotocin diabetic rats. *Hormone and Metabolic Research* 32, 129–132.
- Fornal, L., Soral-Smietana, M., Fornal, J. (1981a). Buckwheat groats production. I. The changes in carbohydrates and protein of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) during processing. *Nahrung*, 25, 345–351.
- Fornal, L., Soral-Smietana, M., Fornal, J. (1981b). Buckwheat groats production. II. The changes in the ultrastructure of buckwheat during processing. *Nahrung*, 25, 353–358.
- Fountounakis, M., Lahm, H. W. (1998), Hydrolysis and amino acid composition analysis of proteins, *Journal of Chromatography A*, 826, 109–134.
- Fradique, M., Batista, A. P., Nunes, M. C., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Raymundo, A. (2013). *Isochrysis galbana* and *Diacronema vlkianum* biomass incorporation in pasta products as PUFA's source. *LWT–Food Science and Technology*, 50, 312–319.
- Francis, F.J., Clydesdale, F.M. (1975). *Food colorimetry: Theory and applications*. The Avi publishing company, INC, Westport, Connecticut, USA.
- Frontela, C., Ros, G., Martínez, C. (2011). Phytic acid content and “in vitro” iron, calcium and zinc bioavailability in bakery products: The effect of processing. *Journal of Cereal Science*, 54, 173–179.
- Gallegos-Infante, J. A., Rocha-Guzman, N. E., Gonzales-Laredo, R. F., Ochoa-Martínez, L. A., Corzo, N., Bello-Perez, L. A., Medina-Torres, L., Peralta-Alvarez, L. E. (2010). Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 119, 1544–1549.
- Gambuś, H., Gambuś, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna, A., Sikora, M. (2009). Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60, 31–50.
- - -Villanova, B. (1999). Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International*, 32, 217–221.
- Gauthier, J., Gélinas, P., Beauchemin, R. (2006). Effect of stone-milled semolina granulation on the quality of bran-rich pasta made from khorasan (Kamut®) and durum wheat. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 596–599.
- Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Baraniak, B., Lin, R. (2009). The effect of simulated digestion *in vitro* on bioactivity of wheat bread with Tartary buckwheat flavones addition. *LWT–Food Science and Technology*, 42, 137–143.
- Giese, J. (1992). Pasta: new twists on an old product. *Food Technology*, 46, 118–126.
- Greiner, R., Konietzny, U. (2006). Phytase for food application. *Food Technology and Biotechnology*, 44, 125–140.
- Güler, S., Köksel, H., Ng, P. K. W. (2002). Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. *Food Research International*, 35, 421–427.

- Guo, X-D., Wu, C-S., Ma, Y-J., Parry, J., Xu, Y-Y., Liu, H., Wang, M. (2012). Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties. *Food Research International*, 49, 53–59.
- Hager, A.-S., Czerny, M., Bez, J. Zannini, E. Arendt, E. K. (2013). Starch properties, in vitro digestibility and sensory evaluation of fresh egg pasta produced from oat, teff and wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 58, 156–163.
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. (1989). *Free radicals in biology and medicine*. 2nd ed., Clarendon, Oxford, UK, 22–85.
- Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T., Okuda, T. (1988). Two new flavonoids and other constituents in licorice root: Their relative astringency and radical scavenging effects. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 36, 2090–2097.
- Hatcher, D. W., You, S., Dexter, J. E., Campbell, C., Izydorczyk, M. S. (2008). Evaluation of the performance of flours from cross- and self pollinating Canadian common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) cultivars in soba noodles. *Food Chemistry*, 107, 722–731.
- Hau, R., Cheung, F., Hughes, J. G., Marriott, P. J., Small, D. M. (2009). Investigation of folic acid stability in fortified instant Asian noodles by use of capillary electrophoresis. *Food Chemistry*, 112, 507–514.
- Haug W., Lantzsch, H. J. (1983) Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423–1426.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism, and structure-activity relationship. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 572–584.
- Helou, C., Jacolot, P., Niquet-Léridon, C., Gadonna-Widehem, P., Tessier, F. J. (2016). Maillard reaction products in bread: A novel semi-quantitative method for evaluating melanoidins in bread. *Food Chemistry*, 190, 904–911.
- Henderson, J. W., Brooks, A. (2010), Improved Amino Acid Methods using Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 Columns for a Variety of Agilent LC Instrumentation and Separation Goals, Agilent Technologies Application note 5990–4547EN, USA.
- Hernández-Nava, R. G., Berrios, J. De J., Pan, J., Osorio-Díaz, P., Bello-Perez, L. A. (2009). Development and characterization of spaghetti with high resistant starch content supplemented with banana starch. *Food Science and Technology International*, 15, 73–78.
- Holasova, M., Fiedlerova, V., Smrcinova, H., Orsak, M., Lachman, J., Vavreinova, S. (2002). Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Research International*, 35, 207–211.
- <http://faunaflora.islec.free.fr/Plantes/Polygonaceae/Fagopyrum%20esculentum.htm>
- <http://www.archimedes-lab.org/pastashape.html>
- <http://www.food-info.net>
- <http://www.internationalpasta.org>
- <http://www.italpast.it/2009/macchine-alimentari/htm>
- <http://www.lifeinitaly.com>
- <http://www.konicaminolta.eu>
- <http://www.stablemicrosystems.com>

- <http://www.udec.ru/sornyaki/grechiha.php>
- <http://www.zitasrbije.rs>
- <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/13018/002.cfm>
- Hung, P. V., Maeda, T., Tsumori, R., Morita, N. (2007). Characteristics of fractionated flour from whole buckwheat grain using a gradual milling system their application for noodle making. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2823–2829.
- Hung, P., Morita, N. (2008). Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities. *Food Chemistry*, 109, 325–331.
- Icard-Vernière, C., Feillet, P. (1999). Effects of Mixing Conditions on Pasta Dough Development and Biochemical Changes. *Cereal Chemistry*, 76, 558–565.
- Ikeda, K. (2002). Buckwheat: composition, chemistry and processing. *Advances in Food and Nutrition Research*, 44, 394–434.
- Ikeda, K., Kishida, M., Kreft, I., Yasurnoto, K. (1997). Endogenous factors responsible for the textural characteristics of buckwheat products. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 43, 101–111.
- Ikeda, K., Sakaguchi, T., Kusano, T., Yasumoto, K. (1991). Endogenous factors affecting protein digestibility in buckwheat. *Cereal Chemistry*, 68, 424–427.
- Inglett, G. E., Chen, D., Berhow, M., Lee, S. (2011). Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chemistry*, 125, 923–929.
- ISO 10399:2004. Sensory analysis – Methodology – Duo-trio test.
- ISO 11132:2012. Sensory analysis – Methodology – Guidelines for monitoring the performance of a quantitative sensory panel.
- ISO 13300-1:2006. Sensory analysis – General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory – Part 1: Staff responsibilities.
- ISO 13300-2:2006. Sensory analysis – General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory – Part 2: Recruitment and training of panel leaders.
- ISO 4120:2004. Sensory analysis – Methodology – Triangle test.
- ISO 5495:2005. Sensory analysis – Methodology – Paired comparison test.
- ISO 5496:2006. Sensory analysis – Methodology – Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours.
- ISO 6658:2005. Sensory analysis – Methodology – General guidance.
- ISO 7340:1985 (E). Durum wheat semolinas and alimentary pasta – Estimation of cooking quality of spaghetti by sensory analysis.
- ISO 7340-2:2008 (E). Alimentary pasta produced from durum wheat semolina – Estimation of cooking quality by sensory analysis – Part 2: Routine method.
- ISO 8587:2006. Sensory analysis – Methodology – Ranking.
- ISO 8588:1987. Sensory analysis – Methodology – "A" - "not A" test.
- ISO 8589:2007. Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms.
- Jambrec, D., Sakač, M., Mišan, A., Mandić, A., Pestorić, M. (2015a). Effect of autoclaving and cooking on phenolic compounds in buckwheat-enriched whole wheat tagliatelle. *Journal of Cereal Science*, 66, 1–9.

- Jambrec, D., Mišan, A., Pestorić, M., Psodorov, Đ., Mandić, A., Sakač, M., Nedeljković, N. (2012). Functional and sensory properties of pasta enriched with light buckwheat flour, 6th Central European Congress on Food CEFood2012, 1–6, Novi Sad, Serbia.
- Jambrec, D., Pestorić, M., Psodorov, Đ., Sakač, M., Nedeljković, N., Mandić, A., Sedej, I. (2011). Instrumental and sensory properties of buckwheat flour pasta. *Food and Feed Research*, 38, 45–50.
- Jambrec, D., Sakač, M., Jovanov, P., Mišan, A., Pestorić, M., Tomović, V., Mandić, A. (2016). Effect of processing and cooking on mineral and phytic acid content of buckwheat-enriched tagliatelle. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, OnLine-First Issue 00*, Pages: 46-46, doi:10.2298/CICEQ150709046J.
- Jambrec, D., Šimurina, O., Pestorić, M., Nedeljković, N., Jovanov, P., Milovanović, I., Belović, M. (2015b). Textural properties of dry tagliatelle. *Proceedings, 76-80, 4th International conference sustainable postharvest and food technologist-INOPTEP 2015 and 27th National conference processing and energy in agriculture-PTEP 2015, April 19th-24th, 2015, Divčibare, Serbia.*
- Jaros, D., Rohm, H. (2001). A research note identification of sensory color optima of strawberry yogurt. *Journal of Food Quality*, 24, 79–86.
- Javornik, B., Kreft, I. (1984). Characterization of buckwheat proteins. *Fagopyrum*, 4, 30–38.
- Jiang, P., Burczynski, F., Campbell, C., Pierce, G., Austria, J. A. Briggs, C. J. (2007). Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum* and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. *Food Research International*, 40, 356–364.
- Kaluđerski, G., Filipović, N. (1990). Metode ispitivanja kvaliteta brašna, pekarskih i testeničarskih proizvoda: Određivanje kvaliteta testenine. *Cvetnik*, Novi Sad.
- Kent N. L., Evers, A., D. (1994). *Technology of cereals, 4th edition: Pasta and whole grain foods.* Woodhead Publishing.
- Kill, R., Turnbull, K. (Eds.). (2008). *Pasta and semolina technology: Quality assurance in a dry pasta factory.* John Wiley & Sons.
- Kim, S. K., Hahn, T. R., Kwon, T. W., D'Appolonia, B. L. (1977). Physicochemical properties of buckwheat starch. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 9, 138–143.
- Kim, S. L., Kim, S. K., Park, C. H. (2004). Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Research International*, 37, 319–327.
- Kreft, I., Fabjan, N., Yasumoto, K. (2006). Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chemistry*, 98, 508–512.
- Kreft, S., Knapp, M., Kreft, I. (1999). Extraction of rutin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds and determination by capillary electrophoresis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4649–4652.
- Krkoškova, B., Mrazova, Z. (2005). Prophylactic components of buckwheat. *Food Research International*, 38, 561–568.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., Becker, K. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry*, 120, 945–959.
- Labuza, T. P., Bohnsack, K., Kim, M. N. (1982). Kinetics of protein quality change in egg noodles stored under constant and fluctuating temperatures. *Cereal Chemistry*, 59, 142–148.

- Lamacchia, C., Baiano, A., Lamparelli, S., Terracone, C., Trani, A., Di Luccia, A. (2011). Polymeric protein formation during pasta-making with barley and semolina mixtures, and prediction of its effect on cooking behaviour and acceptability. *Food Chemistry*, 129, 319–328.
- Lamacchia, C., Di Luccia, A., Baiano, A., Gambacorta, G., La Gatta, B., Pati, S., La Notte, E. (2007). Changes in pasta proteins induced by drying cycles and their relationship to cooking behaviour. *Journal of Cereal Science*, 46, 58–63.
- Larmond, E., Voisey, P. W. (1973). Evaluation of spaghetti quality by a laboratory panel. *Canadian Institute of Food Science Technology Journal*, 6, 209–211.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033–1047.
- Lazarte, C. E., Carlsson, N. G., Almgren, A., Sandberg, A. S., Granfeldt, Y. (2015). Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food, and implications for mineral bioavailability. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 111–119.
- Li, M., Zhang, J.-H., Zhu, K.-X., Peng, W., Zhang, S.-K., Wang, B., Zhu, Y.-J., Zhou, H.-M. (2012). Effect of superfine green tea powder on the thermodynamic, rheological and fresh noodle making properties of wheat flour. *LWT–Food Science and Technology*, 46, 23–28.
- Limroongreungrat, K., Huang, Y. W. (2007). Pasta products made from sweetpotato fortified with soy protein. *LWT–Food Science and Technology*, 40, 200–206.
- Lin, L., Liu, H., Yu, Y., Lin, S., Mau, J. (2009). Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chemistry*, 112, 987–991.
- Lindeboom, N., Chang, P. R., Tyler, R. T. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A review. *Starch*, 56, 89–99.
- Lindemann-Schneider, U., Fennema, O. (1988). Stability of lysine, methionine and triptophan in dried whey concentrate during storage. *Journal of Dairy Science*, 72, 1740–1747.
- Lindenmeier, M., Hofmann, T. (2004). Influence of baking conditions and precursors supplementation on the amounts of the antioxidant pronyl-L-lysine in bakery products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 350–354.
- Liu, B., Zhu, Y. (2007). Extraction of flavonoids from flavonoid-rich parts in tartary buckwheat and identification of the main flavonoids. *Journal of Food Engineering*, 78, 584–587.
- Lucisano, M., Cappa, C., Fongaro, L., Mariotti, M. (2012). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. *Journal of Cereal Science*, 56, 667–675.
- Luckow, T., Sheehan, V., Delahunty, C., Fitzgerald, G. (2005). Determining the odor and flavor characteristics of probiotic, health-promoting ingredients and the effects of repeated exposure on consumer acceptance. *Journal of Food Science*, 70, S53–S59.
- Ma, X., Shan, A. (2002). Effect of germination and heating on phytase activity in cereal seeds. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15, 1036–1039.
- Maeda, T., Miyake, K., Tahara, M., Morita, N. (2004). Substitution of buckwheat flours on processing pasta and cookie. *Fagopyrum*, 21, 99–103.
- Małgorzata, W., Mariusz, P., Zieliński, H. (2016). Effect of roasting time of buckwheat groats on the formation of Maillard reaction products and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 196, 355–358.
- Manthey, F. A., Dick, T. (2012). Assessment of probe type for measuring pasta texture. *Cereal Food World*, 57, 56–62.

- Manthey, F. A., Hall, C. A. (2007). Effect of processing and cooking on the content of minerals and protein containing buckwheat bran flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2026–2033.
- Manthey, F. A., Schorno, A. L. (2002). Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*, 79, 504–510.
- Manthey, F. A., Yalla, S. R., Dick, T. J., Badaruddin, M. (2004). Extrusion properties and cooking quality of spaghetti containing buckwheat bran flour. *Cereal Chemistry*, 81, 232–236.
- Mariotti, M., Iametti, S., Cappa, C., Rasmussen, P., Lucisano, M. (2011). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *Journal of Cereal Science*, 53, 319–327.
- Marti, A., Seetharaman, K., Pagani, M. A. (2010). Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*, 52, 404–409.
- Martinek, M., Milatović, Lj. (1965). Kontrola kvaliteta tjestenine. *Proizvodnja i prerada brašna*, 6, 4–16.
- Martinez, C. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., Anon, M. C. (2007). Physical, sensory and chemical evaluation of cooked spaghetti. *Journal of Texture Studies*, 38, 666–683.
- Matsuo, R. R., Dexter, J. E., Dronzeek, B. L. (1978). Scanning electron microscopy study of spaghetti processing. *Cereal Chemistry*, 55, 744–753.
- Mazza, G., Lemaguer, M. (1980). Dehydration of onion: some theoretical and practical considerations. *Journal of Food Technology*, 15, 181–194.
- Me, N., Aw, N. F. A. (2009). Determination of phytate, iron, zinc, calcium content and their molar ratios in commonly consumed raw and prepared food in Malaysia. *Malaysian Journal of Nutrition*, 15, 213–222.
- Medvedev, G. (1999a). Osnovna pitanja teorije i prakse proizvodnje testenine I deo: Karakteristike proizvoda mlevenja pšenice kao osnovne sirovine za proizvodnju testenine. *Žito-hleb*, 26, 1–5.
- Medvedev, G. (1999b). Osnovna pitanja teorije i prakse proizvodnje testenine III deo: Savremeni režim sušenja testenine. *Žito-hleb*, 26:149-155.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., Carr, B. T. (2000). *Sensory Evaluation Techniques: Third Edition*, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Menger, A. (1982). Influenza dell'acqua di cottura sulle paste alimentari di diversa qualità, *Technologica Molitoria*, 33, 23–32.
- Moazami Farahany, E., Jinap, S. (2011). Influence of noodle processing (industrial protocol) on deoxynivalenol. *Food Control*, 22, 1765–1769.
- Morishita, T., Yamaguchi, H., Degi, K. (2007). The contribution of polyphenols to antioxidative activity in common buckwheat and tartary buckwheat grain. *Plant Production Science*, 10, 99–104.
- Nedeljković, N., Sakač, M., Mandić, A., Psodorov, Đ., Jambrec, D., Pestorić, M., Sedej, I., Dapčević-Hadnađev, T. (2014). Rheological properties and mineral content of buckwheat enriched wholegrain wheat pasta. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 20, 135–142.
- Nielsen, M. M., Damstrup, M. L., Dal Thomsen, A., Rasmussen, S. K., Hansen, Å. (2007). Phytase activity and degradation of phytic acid during rye bread making. *European Food Research and Technology*, 225, 173–181.

- Nouviaire, A., Lancien, R., Maache-Rezzoug, Z. (2008). Influence of hydrothermal treatment on rheological and cooking characteristics of fresh egg pasta. *Journal of Cereal Science*, 47, 283–291.
- Novaković, A., Karaman, M., Milovanović, I., Belović, M., Rašeta, M., Radusin, T., Ilić, N. (2015). Edible mycorrhizal species *Lactarius controversus* Pers. 1800 as a source of antioxidant and cytotoxic agents. *Chemical Industry, OnLine-First* (00):17-17. doi:10.2298/HEMIND141229017N.
- Næs, T., Brockhoff, P. B., Tomić, O. (2010). *Statistics for sensory and consumer science*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom.
- Oliver, J. R., Blakeney, A. B., Allen, H. M. (1993). The colour of flour streams as related to ash and pigment contents. *Journal of Cereal Science*, 17, 169–182.
- Onomi, S., Okazaki, Y., Katayama, T. (2004). Effect of dietary level of phytic acid on hepatic and serum lipid status in rats fed a high-sucrose diet. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 68, 1379–1381.
- Oomah, B. D., Mazza, G. (1996). Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1746–1750.
- Padalino, P., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolino, F., Del Nobile, M. A. (2013). Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. *Journal of Cereal Science*, 57, 333–342.
- Pagani, M. A., Resmini, P., Dalbon, G., (1989). Influence of the extrusion process on characteristics and structure of pasta. *Food Microstructure*, 8, 173–182.
- Pandey, S., Senthil, A., Fatema, K. (2015). Effect of hydrothermal treatment on the nutritional and functional properties of husked and dehusked buckwheat. *Journal of Food Processing and Technology*, 6, 461, doi: 10.4172/2157-7110.1000461.
- Paulícková, I., Vyzralova, K., Holasová, M., Fiedlerová, V., Vavreinová, S. (2004). Buckwheat as functional food. In international symposium on buckwheat (Eds Faberová, I., Dvořáček, V., Čepková, P., Hon, I., Holubec, V.), 587–592. Prague, Czech Republic: Research Institute of Crop Production.
- Pestorić, M. (2007). Definisanje i valorizacija eksternog profila industrijski proizvedene tjestenine. Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Pestorić, M. (2011). Razvoj i vrednovanje senzorskih i instrumentalnih metoda za ocjenu teksturnih svojstava tjestenine. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1–185.
- Pestorić, M. (2016). Određivanje i definisanje boje prehrambenih proizvoda. Monografska publikacija, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad, 1–129.
- Pestorić, M., Pojić, M., Filipčev, B., Šimurina, O., Torbica, A., Janić Hajnal, E. (2015). Sensory differentiation of commercially produced spaghetti. *Food and Feed Research*, 42, 109–117.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43, 634–641.
- Petitot, M., Abecassis, J., Micard, V. (2009). Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 521–532.

- Pollini, C. M. (1996). THT technology in the modern industrial pasta drying process. In Eds J. E. Kruger, R. R. Matsuo, and J. W. Dick, *Pasta and Noodle Technology*, (pp. 59–74). American Association of Cereal Chemistry, St Paul, MN.
- Pomeranz, Y. (Editor) (1988). *Wheat Chemistry and Technology*. Third edition. Volume I. St Paul, Minnesota, United States of America. AACC Inc.
- Pomeranz, Y., Robbins, G. S. (1972). Amino acids composition of buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20, 270–274.
- Qi, X., Watanabe, M., Aida, T. M., Smith, R. L. (2010), Fast Transformation of Glucose and Di-/Polysaccharides into 5-Hydroxymethylfurfural by Microwave Heating in an Ionic Liquid/Catalyst System. *ChemSusChem*, 3: 1071–1077. doi:10.1002/cssc.201000124.
- Qin, P., Wang, Q., Shan, F., Hou, Z., Ren, G. (2010). Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 951–958.
- Raboy, V. (2003). Myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate. *Phytochemistry*, 64, 1033–1043.
- Ragaee, S., Abdel-Aal, E. S. A., Noaman, M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 98, 32–38.
- Rajeswari, G., Susanna, S., Prabhasankar, P., Venkateswara Rao, G. (2013). Influence of onion powder and its hydrocolloid blends on pasta dough, pasting, microstructure, cooking and sensory characteristics. *Food Bioscience*, 4, 13–20.
- Randhir, R., Kwon, Y.-I., Shetty, K. (2008). Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and high-relevant functionality of selected grain sprouts and seedlings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 355–364.
- Rayas-Duarte, P., Mock, C. M., Satterlee, L. D. (1996). Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chemistry*, 73, 381–387.
- Reisinger, M., Tirpanalan, Ö., Prückler, M., Huber, F., Kneifel, W., Novalin, S. (2013). Wheat bran biorefinery – A detailed investigation on hydrothermal and enzymatic treatment. *Bioresource Technology*, 144, 179–185.
- Resmini, P., Pagani, M. A. (1983). Ultrastructure studies of pasta. *Journal of Food Science*, 28, 385–389.
- Resmini, P., Pellegrino, L., Pagani, M. A., De Noni, I. (1993). Formation of 2-acetyl- 3-D-glucopyranosylfuran (glucosylisomaltol) from nonenzymatic browning in pasta drying. *Italian Journal of Food Science*, 4, 341–353.
- Ribotta, P. D., Pérez, G. T., León, A. E., Añón, M. C. (2004). Effect of emulsifier and guar gum on microstructural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*, 18, 305–313.
- Rojas, J. A., Rosell, C. M., Benedito de Barber, C. (2000). The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning electron microscopy. *European Food Research and Technology*, 212, 57–63.
- Rufián-Henares, J. A., Andrade, C. D., Morales, F. J. (2006). Application of a fast high-performance liquid chromatography method for simultaneous determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. *Journal of AOAC International*, 89, 161–165.
- Sakač, M., Sedej, I., Mandić, A., Mišan, A. (2012). Heljda – sirovina za proizvodnju funkcionalne hrane. Monografija. Naučni institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad.
- Schlöpfer, K., *Farbmetrik in der grafischen Industrie*. UGRA, St. Gallen 2002, ISBN 3-9520403-1-2.

- Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V., Jurackova, K., Berghofer, E. (2010). Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 339–349.
- Sedej, I. (2011). Funkcionalna i antioksidativna svojstva novih proizvoda od heljde. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1–165.
- Sedej, I., Mandić, A., Sakač, M., Mišan, A., Tumbas, V. (2010). Comparison of antioxidant components and activity of buckwheat and wheat flours. *Cereal Chemistry*, 87, 387–392.
- Sedej, I., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Pestorić, M., Šimurina, O., Čanadanović-Brunet, J., (2011). Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT–Food Science and Technology*, 44, 694–699.
- Selvam, R. (2002). Calcium oxalate stone disease: Role of lipid peroxidation and antioxidants. *Urological Research*, 30, 35–47.
- Sensoy, I., Rosen, R. T., Ho, C. T., Karwe, M. V. (2006). Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 99, 388–393.
- Severini, C., De Pilli, T., Derossi, A., Giuliani, R. (2015). Effects of drying processing conditions on the quality of uncooked and cooked pasta made up of nonconventional raw material. *Cereal Chemistry*, 92, 1–24.
- Shamsuddin, A. M. (2002). Anti-cancer function of phytic acid. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 769–782.
- Shimelis, E. A., Rakshit, S. K. (2007). Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry*, 103, 161–172.
- Shogren, R. L., Hareland, G. A., Wu, Y. V. (2006). Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. *Journal of Food Science* 71, 428–432.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
- Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food*, 2, 75–90.
- Sissons, M. J., Egan, N., Alexander, S., Batey, I. L. (2006). Comparison of Australian and Italian spaghettis using sensory and instrumental techniques. *Food Australia*, 58, 101–107.
- Sl. list SRJ (1995). Pravilnik o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenine i brzo smrznutog testa. Službeni list SRJ, 52.
- Sl. list SFRJ (1988). Pravilnik o metodima fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa. Službeni list SFRJ, 74.
- Software XLSTAT. Addinsoft (2012). XLSTAT Online Help. <http://www.xlstat.com/>
- Sosulski, F., Kryeger, K., Hogge, L. (1982). Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. 3. Composition of phenolics acids in cereal and potato flours. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 30, 337–340.
- Sozer, N. (2009). Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids*, 23, 849–855.
- Sozer, N., Dalgiç, A. C., Kaya, A. (2007). Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *Journal of Food Engineering*, 81, 476–484.
- SRPS EN ISO 8586:2015. Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.

- SRPS ISO 11036:2002. Senzorske analize – Metodologija – Profil teksture.
- SRPS ISO 11037:2013. Senzorske analize – Uputstva za senzorsko ocenjivanje boje proizvoda.
- SRPS ISO 3972:2011. Senzorske analize – Metodologija – Metoda utvrđivanja osetljivosti čula ukusa.
- STATISTICA (Data Analysis Software System), version 12. StatSoft, Inc, Tulsa, OK, USA (2013) (www.statsoft.com).
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L. (2001a). Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1094–1100.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L. (2001b). Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition and dietary fibre. *Journal of Cereal Science*, 33, 271–278.
- Stein, L. J., Nagai, H., Nakagawa, M., Beauchamp, G. K. (2003). Effects of repeated exposure and health-related information on hedonic evaluation and acceptance of a bitter beverage. *Appetite*, 40, 119–129.
- Stokić, E., Mandić, A., Sakač, M., Mišan, A., Pestorić, M., Šimurina, O., Jambrec, D., Jovanov, P., Nedeljković, N., Milovanović, I., Sedej, I. (2015). Quality of buckwheat-enriched wheat bread and its antihyperlipidemic effect in statin treated patients. *LWT–Food Science and Technology*, 63, 556–561.
- Stone, H., Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*, Third Edition. Academic, San Diego.
- Sudha, M. L., Leelavathi, K. (2012). Effect of blends of dehydrated green pea flour and amaranth seed flour on the rheological, microstructure and pasta making quality. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 713–720.
- Sudha, M. L., Rajeswari, G., Venkateswara Rao, G. (2012) Effect of Wheat and Oat Brans on the Dough Rheological and Quality Characteristics of Instant Vermicelli. *Journal of Texture Studies*, 43, 195–202.
- Sun, T., Ho, C. T. (2005). Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90, 743–749.
- Susanna, S., Prabhasankar, P. (2012). A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. *LWT–Food Science and Technology*, 50, 613–621.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215–225.
- Šurlan-Momirović, G., Rakonjac, V., Prodanović, S., Tivanović, T. (2005). *Genetika i oplemenjivanje biljaka - praktikum*, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Tavajjoh, M., Yasrebi, J., Karimian, N., Olama, V. (2011). Phytic acid content and phytic acid: zink molar ratio in wheat cultivars and bread flours, Fars province, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 743–755.
- Tomasini, D., Sampaio, M. R. F., Caldas, S. S., Buffon, J. G., Duarte, F. A., Primel, E. G. (2012). Simultaneous determination of pesticides and 5-hydroxymethylfurfural in honey by the modified QuEChERS method and liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Talanta*, 99, 380–386.
- Torres, A., Frias, J., Granito, M., Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 101, 202–211.

- Tudorică, C. M., Kuri, V., Brennan, C. S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 347–356.
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, 713–718.
- Vallons, K. J. R., Arendt, E. K. (2009). Effect of high pressure and temperature on buckwheat starch characteristics. *European Food Research and Technology*, 230, 343–351.
- Verardo, V., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., Marconi, E., Fernández-Gutiérrez, A., Caboni, M. F. (2011). Determination of free and bound phenolic compounds in buckwheat spaghetti by RP-HPLC-ESI-TOF-MS: effect of thermal processing from farm to fork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 7700–7707.
- Vogrinič, M., Timoracka, M., Melichacova, S., Vollmannova, A., Kreft, I. (2010). Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of tartary buckwheat bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 4883–4887.
- Vukmirović, Đ. (2009). Ekstrudiranje. Tehnologija hrane za životinje. Tehnologija hrane. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ekstrudiranje>.
- Wang, L., Hou, G. G., Hsu, Y. H., Zhou, L. (2011). Effect of phosphate salts on the Korean non-fried instant noodle quality. *Journal of Cereal Science*, 54, 506–512.
- Wang, Y. (2000). Effects of naturally occurring phenolic compounds on the formation of Maillard aroma. Doctor of philosophy thesis. Rutgers University, New Brunswick, NJ.
- West, R., Seetharman, K., Duizer, L. M. (2013). Effect of drying profile and whole grain content on flavour and texture of pasta. *Journal of Cereal Science*, 58, 82–88.
- Wijngaard, H. H., Arendt, E. K. (2006). Buckwheat. *Cereal Chemistry*, 83, 391–401.
- Wójtowicz, A., Mościcki, L. (2011). Effect of wheat bran addition and screw speed on microstructure and textural characteristics of common wheat precooked pasta-like products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61, 101–107.
- Wood, J. A. (2009). Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. *Journal of Cereal Science*, 49, 128–133.
- Yalcin, S., Basman, A., 2008. Effects of gelatinisation level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle. *International Journal of Food Science and Technology* 4, 1637–1644.
- Yildiz G., Bilgiçli N. (2012). Effects of whole buckwheat flour on physical, chemical, and sensory properties of flat bread, Lavaş. *Czech Journal of Food Science*, 30, 534–540.
- Yoo, J., Kim, Y., Yoo, S. H., Inglett, G. E., Lee, S. (2012). Reduction of rutin loss in buckwheat noodles and their physicochemical characterisation. *Food Chemistry*, 132, 2107–2111.
- Yousif, A. M., Cranston, P., Deeth, H. C. (2003). Incorporation of bovine dry blood plasma into biscuit flour for the production of pasta. *LWT—Food Science and Technology*, 36, 295–302.
- Zanini de Vita, O. (2009). *Encyclopedia of Pasta*. Bercley, California, University of California Press.
- Zardetto, S., Dalla Rosa, M. (2006). Study of the effect of lamination process on pasta by physical chemical determination and near infrared spectroscopy analysis. *Journal of Food Engineering*, 74, 402–409.
- Zarguili, I., Maache-Rezzoug, Z., Loisel, C., Doublier, J. L. (2006). Influence of DIC hydrothermal process conditions on the gelatinization properties of standard maize starch. *Journal of Food Engineering*, 77, 454–461.

- Zdunczyk, Z., Flis, M., Zielinski, H., Wroblewska, M., Antoszkiewicz, Z., Jusiewicz, J. (2006). *In vitro* antioxidant activities of barley, husked oat, naked oat, triticale, and buckwheat wastes and their influence on growth and biomarkers of antioxidant status in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4168–4175.
- Zhang, M., Chen, H., Li, J., Pei, Y., Liang, Y. (2010). Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. *LWT–Food Science and Technology*, 43, 181–185.
- Zhao, Y. H., Manthey, F. A., Chang, S. K. C., Hou, H. J., Yuan, S. (2005). Quality characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil and chickpea flour. *Journal of Sensory Science*, 70, 371–376.
- Zheng, G. H., Sosulski, F. W. (1997). Physicochemical properties of small granule starches. AACC Annual Meeting, San Diego.
- Zieliński, H., Kozłowska, H. (2000). Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2008–2016.
- Zieliński, H., Michalska, A., Amigo-Benavent, M., del Castillo, D., Piskula, M. K. (2009). Changes in protein quality and antioxidant properties of buckwheat seeds and groats induced by roasting. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57, 4771–4776.
- Zieliński, H., Michalska, A., Piskula, M. K., Kozłowska, H. (2006). Antioxidants in thermally treated buckwheat groats. *Molecular Nutrition Food Research*, 50, 824–832.

PRILOG

Prilog 1



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

ANKETA za izbor kandidata

Datum anketiranja:

Molimo Vas da pažljivo pročitate i popunite anketni list. Podaci koji se prikupe ovom anketom korišćiće se isključivo za potrebe odabira kandidata za formiranje senzorskog panela. Ukoliko ne razumete neka pitanja slobodno pitajte osobe zadužene za anketiranje.

OPŠTI DEMOGRAFSKI PODACI

(molimo Vas da upišete tražene podatke ili zaokružite jedan od ponuđenih odgovora)

| | | |
|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Ime i prezime: | | |
| Datum rođenja: | | |
| Mesto rođenja: | | |
| Pol: | <input type="checkbox"/> muški | <input type="checkbox"/> ženski |
| Bračno stanje: | | |
| Broj dece: | | |
| Zanimanje: | | |
| Godine staža: | | |

DODATNE INFORMACIJE

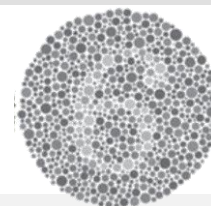
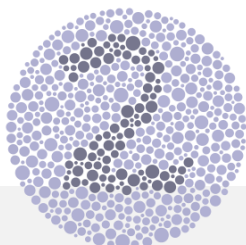
(molimo Vas da zaokružite jedan od ponuđenih odgovora)

| | | |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| Da li ste zainteresovani da učestvujete u senzorskoj oceni hrane? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Da li imate prethodnog iskustva u senzorskom ocenjivanju? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Ukoliko je odgovor „da“ navedite u kojoj vrsti senzorske ocene ste učestvovali? | | |
| Da li ste zainteresovani da učestvujete u postupku obuke, treninga i testiranja Vaših čula za potrebe senzorske ocene hrane? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Da li ste alergični na neku hranu? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Ukoliko je odgovor „da“ navedite na koju. | | |
| Da li bolujete od neke hronične bolesti? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Ukoliko je odgovor „da“ navedite od koje. | | |
| Da li nosite zubnu protezu? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Da li nosite naočare? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Da li ste pušač? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| <i>Samo za kandidate ženskog pola:</i> | | |
| Da li ste trudni? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |
| Sklonost prema hrani koja je: | <input type="checkbox"/> slana | <input type="checkbox"/> slatka |
| Navedite Vaše omiljeno piće: | | |
| Navedite Vašu omiljenu boju: | | |
| Da li konzumirate testeninu? | <input type="checkbox"/> da | <input type="checkbox"/> ne |

Prilog 2a



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize



**TEST:
ISHIHARA TEST**

Datum testiranja:

Ime i prezime:

Napomena:

Upisati broj zadatog Ishihara testa i zapisati prepoznate brojeve u polja označena sa 1/1, 1/2, 1/3 i 1/4.

HVALA!!!

| Broj Ishihara testa | | | | |
|---------------------|-----|--|-----|--|
| | 1/1 | | 1/2 | |
| | 1/3 | | 1/4 | |

Prilog 2b



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

TEST:
RAZLIKOVANJE NIVOA INTEZITETA PODRAŽAJA ZA BOJE

Datum testiranja:

Ime i prezime:

Napomena: Molimo Vas da ponuđene rastvore odgovarajućih boja poredate po intezitetu, počev od najslabijeg ka najjačem. Šifre sa bočica upišite u odgovarajuće kvadrate ispod ove napomene.

HVALA!!!

Redosled intenziteta

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| Y | | | | | | | | | | B |
| B | | | | | | | | | | R |

Prilog 2c



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

**TEST:
 RASPOZNAVANJE OSNOVNIH MODALITETA UKUSA
 SRPS ISO 3972:2011**

Datum testiranja:

Ime i prezime:

Napomena:

Pridržavajući se predviđenog redosleda, molimo Vas da probate svaki uzorak, a oznakom „X“ u odgovarajuće polje spod, zabeležite i prepoznati modalitet ukusa pripadajućem uzorku.

HVALA!!!

| Šifra | Slatko | Slano | Kiselost | Gorko | Umami | Metalni | Destilovana voda |
|-------|--------|-------|----------|-------|-------|---------|------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Prilog 2d



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

TEST:
RAZLIKOVANJE NIVOVA INTENZITETA PODRAŽAJA ZA
UKUSE
ISO 8587:2006

Datum testiranja:

Ime i prezime:

Napomena:

Potrebno je prepoznati modalitete ukusa i proceniti svaki uzorak prema naznačenom redosledu i staviti ih u redosled porasta intenziteta za prepoznati modalitet. Molimo Vas da šifre poređanih uzoraka upišete po rastućim redosledom koncentracija u kvadratiće koji su za to predviđeni.

HVALA!!!

| | | | | | |
|------------------|------------------------------|----------|----------|----------|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| modalitet ukusa: | NAJNIŽA KONCENTRACIJA | → | | | NAJVIŠA KONCENTRACIJA |
| | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| modalitet ukusa: | NAJNIŽA KONCENTRACIJA | → | | | NAJVIŠA KONCENTRACIJA |
| | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| modalitet ukusa: | NAJNIŽA KONCENTRACIJA | → | | | NAJVIŠA KONCENTRACIJA |
| | | | | | |

Prilog 2e



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

TEST:
OPISNO IZRAŽAVANJE MIRISA
ISO 5496:2006

Datum testiranja:

Ime i prezime kandidata:

Napomena:

Pred Vama su uzorci različitih rastvora mirisa. Pomirišite ih i u odgovarajuće rubrike upišite šifre uzoraka i **ime prepoznatog mirisa/opis mirisa ili asocijaciju na miris.**

Pre mirisanja, sadržaj u flašici promućkati i nakon mirisanja flašicu zatvoriti!!!

Hvala!!!

| Redni broj | Šifra uzorka | MIRIS |
|------------|--------------|-------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |

Prilog 2f



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

**TEST:
OPISNO IZRAŽAVANJE TEKSTURE
SRPS ISO 11036:2002**

Datum testiranja:

Ime i prezime kandidata:

Napomena:

Pred Vama su uzorci različitih teksturnih svojstava. Primenom različitih tehnika ocenjivanja (vizuelno, palpatorno, oralno) analizirajte doživljenu teksturu i svoja zapažanja opišite rečima u odgovarajuće polje tabele koja se nalazi ispod ove napomene.

Hvala!!!

| Redni broj | Šifra uzorka | TEKSTURNO SVOJSTVO PROIZVODA |
|------------|--------------|------------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |

Prilog 3



Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad
Odeljenje za senzorske i tehničke analize

SENZORSKA OCENA INTEGRALNIH TALJATELA

Šifra ocenjivača:
 Šifra uzorka:

Datum ocenjivanja:
 Vreme ocenjivanja:

Zaokružite ocenu ispred termina koji u najvećoj meri odgovara Vašem sudu o kvalitetu!

NEKUVANE TALJATELE

IZGLED PROIZVODA (vizuelna tehnika)

| Oblik | Ujednačenost boje | Boja (nijansa) |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 5 – pravilan (ujednačen) | 5 – ujednačena | 5 - braon |
| 4 – skoro pravilan | 4 – skoro ujednačena | 4 – neznatna odstupanja* |
| 3 – primetna odstupanja | 3 – delimično ujednačena | 3 – primetna odstupanja* |
| 2 – jasno izražene greške | 2 – neujednačena | 2 – izražena odstupanja* |
| 1 – jako izražene greške | 1 – izrazito neujednačena | 1 – jako izražena odstupanja* |

*odstupanje se odnosi na svetliju ili tamniju nijansu dogovorene braon boje prema atlasu boja (S4020–Y40R)

| Lomljivost (palpatorna tehnika) |
|-------------------------------------|
| 5 – odlične otpornosti na lom |
| 4 – vrlo dobre otpornosti na lom |
| 3 – dobre otpornosti na lom |
| 2 – loše otpornosti na lom |
| 1 – izrazito loše otpornosti na lom |

KUVANE TALJATELE

| Miris (olfaktorna tehnika) | Čvrstoća (palpatorna tehnika) |
|---|-------------------------------|
| 5 – Svojestven miris, zaokružen, aromatičan | 5 – odlična |
| 4 – Svojestven miris, slabije zaokružen, aromatičan | 4 – vrlo dobra |
| 3 – Svojestven miris, slabije zaokružen, slabije aromatičan | 3 – dobra |
| 2 – Nesvojestven, prisustvo stranog mirisa | 2 – zadovoljavajuća |
| 1 – Strani miris, neprijatan | 1 – loša |

| Živahnost (palpatorna tehnika) | Elastičnost (palpatorna tehnika) |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 5 – odlična | 5 – odlična |
| 4 – vrlo dobra | 4 – vrlo dobra |
| 3 – dobra | 3 – dobra |
| 2 – zadovoljavajuća | 2 – zadovoljavajuća |
| 1 – loša | 1 – loša |

| Površinska lepljivost (palpatorna tehnika) |
|--|
| 5 – neznatna |
| 4 – mala |
| 3 – srednja |
| 2 – velika |
| 1 – veoma velika |

| Žvkljivost | Zrnavost | Ukus |
|---------------------|---------------------|--|
| 5 – odlična | 5 – odlična | 5 – svojstven, zaokružen, aromatičan |
| 4 – vrlo dobra | 4 – vrlo dobra | 4 – svojstven, slabije zaokružen, aromatičan |
| 3 – dobra | 3 – dobra | 3 – svojstven, slabije zaokružen, slabije aromatičan |
| 2 – zadovoljavajuća | 2 – zadovoljavajuća | 2 – nesvojestven, prisustvo stranog ukusa |
| 1 – loša | 1 – loša | 1 – strani ukus, neprijatan |

Prilog 4

Potrošački test – Anketni list

Molimo Vas da pažljivo pročitate i popunite anketni list. Anketa je u potpunosti anonimna, a podaci će se koristiti isključivo za potrebe sprovođenja ovog testa. Ukoliko ne razumete neka pitanja slobodno pitajte osobe zadužene za sprovođenje testa.

Molim Vas da zaokružite slovo koje se odnosi na Vas!

| | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|---|----------------------|-----------------|----------|--------|
| Pol: | a) muški | b) ženski | | | | |
| Starosna grupa: | | | | | | |
| a) 18-24 | b) 25-34 | c) 35-44 | d) 45-54 | e) 55-64 | f) 65-74 | g) 75+ |
| Obrazovanje: | | | | | | |
| a) osnovno | b) srednje | c) viša škola | d) fakultet/master | e) doktor nauka | | |
| Radni status: | | | | | | |
| a) student | b) radim povremeno | c) radni odnos sa punim radnim vremenom | d) penzioner | | | |
| Mesečna primanja: | | | | | | |
| a) <10.000 din | b) 10.000-19.000 din | c) 20.000-29.000 din | d) 30.000-39.000 din | | | |
| e) 40.000-49.000 din | f) 50.000-59.000 din | g) 60.000-69.000 din | h) > 70.000 din | | | |

Stavite oznaku „x“ u polje pored/ispod tvrdnje sa kojom se najviše slažete!

1. Koliko često konzumirate navedene vrste namirnice? (za svaku od navedenih namirnica stavite znak „x“ kod odgovarajuće učestalosti konzumiranja)

| | Voće | Povrće | Pecivo (hleb, kifle) | Burek | Pizza | Čokolada, keks, krem | Čips, smoki | Jela sa roštilja |
|----------------------|------|--------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------------|------------------|
| Nikada | | | | | | | | |
| < od jednom mesečno | | | | | | | | |
| jednom mesečno | | | | | | | | |
| dva-tri puta mesečno | | | | | | | | |
| jednom nedeljno | | | | | | | | |
| ≥ dva puta nedeljno | | | | | | | | |

2. Koliko često konzumirate testeninu?

| Nikada | < od jednom mesečno | jednom mesečno | dva ili tri puta mesečno | jednom nedeljno | ≥ dva puta nedeljno |
|--------|---------------------|----------------|--------------------------|-----------------|---------------------|
| | | | | | |

3. Koliko često ste konzumirali testenine navedene u tabeli? (za svaku od navedenih vrsta testenina stavite znak „x“ kod odgovarajuće učestalosti konzumiranja)

| | Testeninu od integralnog pšeničnog brašna | Pirinčanu ili neku drugu bezglutensku testeninu | Testeninu od spelte | Testeninu od prosa | Testeninu od raži | Testeninu od/sa heljdinim brašnom |
|---------------------------|---|---|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Nikada | | | | | | |
| Jednom | | | | | | |
| Jednom i neću više nikada | | | | | | |
| Nekoliko puta | | | | | | |

4. Da li znate šta je HELJDA?

- Ne, nikada nisam čuo/čula
- Čuo/čula sam za nju, ali ne znam ništa o njenim osobinama
- Čitao/čitala sam o njoj u nekim časopisima
- Veoma dobro sam upoznat/upoznata o njenim osobinama iz naučne literature

5. DA LI BISTE KUPILI TESTENINU koja se sastoji od celog zrna pšenice i heljde (Vidi sliku). Ovakav sastav testenini daje specifičan intenzivan ukus i aromu. Konzumiranje ove testenine ima blagotvorno delovanje na ljudsko zdravlje.



| Sigurno ću kupiti | Vrlo verovatno ću kupiti | Verovatno ću kupiti | Ne znam da li ću kupiti | Verovatno neću kupiti | Vrlo verovatno neću kupiti | Sasvim izvesno neću kupiti |
|-------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | | | | |

Prilog 5

Potrošački test – Ocenjivački list

Molimo Vas da pažljivo pročitate svako pitanje i odgovorite na osnovu ličnog utiska o osobinama uzorka. **Potrebno je da svaki uzorak probate i pojedete bar polovinu servirane doze kako biste mogli formirati mišljenje.** Između ocenjivanja dva uzorka popijte vodu i odmorite nekoliko minuta. Vreme trajanja ocene nije vremenski ograničeno. Ukoliko ne razumete neka pitanja slobodno pitajte osobe zadužene za sprovođenje testa.

Stavite oznaku „x“ u polje pored tvrdnje sa kojom se najviše slažete!

1. **UKUPNO SAGLEDAVAJUĆI SVE OSOBINE** uzorka koji ste probali, koliko Vam se on sviđa/ne sviđa?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|--------------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Izuzetno mi se sviđa | | | | |
| Veoma mi se sviđa | | | | |
| Sviđa mi se | | | | |
| Slabo mi se sviđa | | | | |
| Niti mi se sviđa niti ne sviđa | | | | |
| Slabo mi se ne sviđa | | | | |
| Ne sviđa mi se | | | | |
| Veoma mi se ne sviđa | | | | |
| Izuzetno mi se ne sviđa | | | | |

Molimo Vas da sada ocenite nekoliko **pojedinačnih osobina** proizvoda!

2. Koliko Vam se sviđa **BOJA** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|--------------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Izuzetno mi se sviđa | | | | |
| Veoma mi se sviđa | | | | |
| Sviđa mi se | | | | |
| Slabo mi se sviđa | | | | |
| Niti mi se sviđa niti ne sviđa | | | | |
| Slabo mi se ne sviđa | | | | |
| Ne sviđa mi se | | | | |
| Veoma mi se ne sviđa | | | | |
| Izuzetno mi se ne sviđa | | | | |

3. Kako biste OPISALI **BOJU** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Previše svetla | | | | |
| Svetla | | | | |
| Taman kako treba | | | | |
| Tamna | | | | |
| Previše tamna | | | | |

4. Koliko Vam se sviđa/nesviđa **TEKSTURA** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|--------------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Izuzetno mi se sviđa | | | | |
| Veoma mi se sviđa | | | | |
| Sviđa mi se | | | | |
| Slabo mi se sviđa | | | | |
| Niti mi se sviđa niti ne sviđa | | | | |
| Slabo mi se ne sviđa | | | | |
| Ne sviđa mi se | | | | |
| Veoma mi se ne sviđa | | | | |
| Izuzetno mi se ne sviđa | | | | |

5. Kako biste OPISALI **ZRNAVOST** taljatela? (zrnavost se odnosi na opažanje veličine i oblika čestica u proizvodu)

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Previše zrnava | | | | |
| Donekle previše zrnava | | | | |
| Taman kako treba | | | | |
| Tek malo zrnava | | | | |
| Uopšte nije zrnava | | | | |

6. Kako biste OPISALI **LEPLJIVOST** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|--------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Previše lepljiva | | | | |
| Donekle previše lepljiva | | | | |
| Taman kako treba | | | | |
| Tek malo lepljiva | | | | |
| Uopšte nije lepljiva | | | | |

7. Kako biste OPISALI **TVRDOĆU** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Previše tvrda | | | | |
| Donekle previše tvrda | | | | |
| Taman kako treba | | | | |
| Tek malo tvrda | | | | |
| Uopšte nije tvrda | | | | |

8. Koliko Vam se sviđa/nesviđa **UKUS** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|--------------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Izuzetno mi se sviđa | | | | |
| Veoma mi se sviđa | | | | |
| Sviđa mi se | | | | |
| Slabo mi se sviđa | | | | |
| Niti mi se sviđa niti ne sviđa | | | | |
| Slabo mi se ne sviđa | | | | |
| Ne sviđa mi se | | | | |
| Veoma mi se ne sviđa | | | | |
| Izuzetno mi se ne sviđa | | | | |

9. Da li osećate **GORAK UKUS** tokom konzumiranja taljatela?

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| Ne | | | | |
| Da | | | | |

Ukoliko je odgovor „da“ odgovorite i na sledeće pitanje!

9b. Kako biste OPISALI **GORAK UKUS** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Previše gorka | | | | |
| Donekle previše gorka | | | | |
| Taman kako treba | | | | |
| Tek malo gorka | | | | |
| Uopšte nije gorka | | | | |

10. Kako biste OPISALI **AROMU** taljatela?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|----------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Previše jaka | | | | |
| Donekle previše jaka | | | | |
| Taman kako treba | | | | |
| Tek malo jaka | | | | |
| Uopšte nije jaka | | | | |

11. Sada kada ste probali taljatele od celog zrna pšenice i heljde, da li biste se odlučili da je KUPITE?

| | <i>U osenčena polja prepisite šifre uzoraka redosledom kojim ih budete ocenjivali.</i> | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Sigurno ću ga kupiti | | | | |
| Vrlo verovatno ću ga kupiti | | | | |
| Verovatno ću ga kupiti | | | | |
| Ne znam da li ću ga kupiti | | | | |
| Verovatno ga neću kupiti | | | | |
| Vrlo verovatno ga neću kupiti | | | | |
| Sasvim izvesto ga neću kupiti | | | | |

12. Za slične proizvode (testenina od belog ili integralnog brašna spelte, prosa, ovsa, pirinča...) na tržištu je potrebno izdvojiti od 120 do 300 dinara za pakovanje od 300 g. Koliko je **NAJVIŠE** što biste izdvojili za kupovinu taljatela koje ste probali?

- a) 120 din/300g b) 125–150 din/300g c) 155–180 din/300g d) 185–220 din/300g

Na sledeće pitanje odgovorite tek kada probate sva četiri uzorka !

13. Uzimajući u obzir SVE OSOBINE taljatela koje ste probali, da li možete da navedete uzorak koji Vam se **najviše dopada**.

Hvala Vam na izdvojenom vremenu i učešću u potrošačkom testu!