

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET NOVI SAD

**RAZVOJ EKSTRUDIRANOG SNEK PROIZVODA  
UNAPREĐENOG NUTRITIVNOG KVALITETA,  
FORMULISANOG UZ DODATAK SIROVINA  
ANIMALNOG POREKLA I PIVSKOG TROPA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: prof. dr Marija Jokanović

Kandidat: Jovana Delić

Novi Sad, 2023. godine

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА<sup>1</sup>

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Јована Делић
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција)	др Марија Јокановић, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад
Наслов рада:	Развој екструдираниог снек производа унапређеног нутритивног квалитета, формулисаниог уз додатак сировина анималног порекла и пивског тропа
Језик публикације (писмо):	Српски (латиница)
Физички опис рада:	Унети број: Страница (154) Поглавља (7) Референци (331) Табела (37) Слика (28) Графикона (23) Прилога (2)
Научна област:	Техничко-технолошке науке
Ужа научна област (научна дисциплина):	Технолошко инжењерство (Прехрамбено инжењерство)
Кључне речи / предметна одредница:	Снек производ, Функционална храна, Екстудирање, Нутритивно унапређен снек производ, Оптимизација производње, Одрживи производ
Резиме на језику рада:	<p>Циљ ове докторске дисертације био је развој и карактеризација екстудираниог снек производа унапређеног нутритивног квалитета на бази кукуруза са додатком механички сепарисаног меса, пивског тропа и пилеће јетре, високо допадљивог за потрошаче. У овој студији први пут је произведен снек производ у чију формулацију су укључене и анималне сировине и пивски троп.</p> <p>У циљу реализације наведеног задатка, истраживања у оквиру ове докторске дисертације су подељена на два основна дела. Први део је обухватио експерименте изведене ради оптимизације процеса екстудирања, односно одређивања оптималне брзине обртања пужа и састава напојне смеше. Снек производи су произведени према дефинисаном експерименталном плану, при чему су удели механички сепарисаног меса (4/8/12%), пивског тропа (10/20/30%), те брзина обртања пужа (500/700/900 о/мин) посматрани као улазне променљиве. Између улазних и испитаних излазних променљивих (специфична механичка енергија, садржај протеина, садржај влакана, латерална експанзија, дужина екструдата, насипна маса, параметри текстуре и боје) дефинисани су модели одзива и значајности појединачних фактора, као и њихових интеракција на посматране одзиве, уз коришћење поступка одзивне површине (енгл. <i>Response Surface Methodology</i>) и анализе варијансе, као одговарајућих статистичких алата.</p>

<sup>1</sup> Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штампаном и електронском облику и не кориче се са тезом.

	<p>Применом оптималних услова производње (4% механички сепарисаног меса, 14,8% пивског тропа, 900 о/мин), дефинисаних преко функције пожељности, успешно је произведен флипс производ предвиђених карактеристика, чиме је оптимизација потврђена.</p> <p>У другом делу истраживања, део механички сепарисаног меса је замењен пилећом јетром (0/25/50%) и на површину снек производа су нанете мешавине зачина са укусом пице, сира и песта. Испитана је микробиолошка исправност производа, а затим је спроведена сензорска оцена производа применом дескриптивне анализе. Производи са највишом оценом укупне допадљивости су представљали узорке код којих је 25% механички сепарисаног меса било замењено јетром, а који су имали укус пице или сира. Изабрани производи су затим окарактерисани са нутритивног аспекта и на потрошачком тесту упоређени са сличним комерцијалним снек производима, те оцењени као допадљиви потрошачима, при чему је производ са укусом пице оцењен највишим оценама.</p> <p>На основу добијених резултата може се закључити да иновативни функционални снек производи развијени током истраживања могу да помогну развоју тржишта функционалне хране у Србији. Такође, замена комерцијалних чипс и флипс производа, развијеним иновативним производима, у исхрани, може имати повољно дејство на здравље људи. Поред тога, инкорпорација пивског тропа у развијени флипс производ омогућава нови начин валоризације ове отпадне сировине и потенцијално добро утиче на очување животне средине, у складу са концептом циркуларне економије.</p>
Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	28.12.2020.
Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	Председник: др Бојана Иконић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад  Члан (ментор): др Марија Јокановић, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад  Члан: др Предраг Иконић, виши научни сарадник, Универзитет у Новом Саду, Научни институт за прехранбене технологије у Новом Саду
Напомена:	

KEY WORD DOCUMENTATION<sup>2</sup>

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Jovana Delić
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	Dr Marija Jokanović, associate professor, University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad
Thesis title:	Development of nutritionally enhanced extruded snack product formulated with animal-derived ingredients and brewer's spent grain
Language of text (script):	Serbian language (latin)
Physical description:	Number of: Pages (154) Chapters (7) References (331) Tables (37) Illustrations (28) Graphs (23) Appendices (2)
Scientific field:	Technical-technological science
Scientific subfield (scientific discipline):	Technological engineering (Food engineering)
Subject, Key words:	Snack product, Funcional food, Extrusion, Nutritionally improved snack product, Process optimization, Sustainable product
Abstract in English language:	<p>The aim of this doctoral dissertation was the development and characterization of extruded snack products with improved nutritional quality based on corn meal, supplemented with mechanically deboned poultry meat, brewer's spent grain, and chicken liver, appealing to consumers. In this study, a snack product incorporating together animal-derived ingredients and brewer's spent grain was produced for the first time.</p> <p>In order to accomplish the stated objectives, the research within this doctoral dissertation was divided into two main parts. The first part encompassed experiments conducted to optimize the extrusion process, determining the optimal screw speed and feed composition. Snack products were manufactured according to previously established experimental plan, with mechanically deboned poultry meat share (4/8/12%), brewer's spent grain share (10/20/30%), and screw speed (500/700/900 rpm) considered as input variables. Response models and the significance of individual factors and their interactions on the observed responses were defined between input and tested output variables (specific mechanical energy, protein content, fiber content, lateral expansion, extrudate length, bulk density, texture parameters, and color) using the Response Surface Methodology and Analysis of variance as appropriate statistical tools. By applying the optimal production conditions (4% mechanically separated meat, 14.8% brewer's spent grain, 900 rpm), defined through a desirability function, a snack</p>

<sup>2</sup> The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at he faculty and are not included into the printed thesis.



	<p>product with the wanted characteristics was successfully produced, confirming the optimization.</p> <p>In the second part of the research, a portion of the mechanically deboned poultry meat was replaced with chicken liver (0/25/50%), and spices with pizza, cheese, and pesto flavors were applied to the surface of the snack products. The microbiological safety of the product was evaluated, followed by a sensory assessment using descriptive analysis. Products with the highest overall liking scores were those where 25% of mechanically deboned poultry meat was replaced with a chicken liver, having pizza or cheese flavors. Further, the selected products were characterized from a nutritional perspective and compared to similar commercial snack products in a consumer test, where the pizza-flavored product received the highest ratings.</p> <p>Based on the obtained results, it can be concluded that the innovative functional snack products developed during this research can contribute to development of the functional food market in Serbia. Furthermore, replacing commercial snack products with these innovative products in the diet may have a favorable impact on human health. Additionally, the incorporation of brewer's spent grain into the developed snack product provides a new way to valorize this waste material and potentially benefits environmental preservation, respecting the circular economy concept.</p>
Accepted on Scientific Board on:	28.12.2020.
Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	<p>President: PhD Bojana Ikonić, full professor, University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad</p> <p>Member (mentor): PhD Marija Jakanović, associate professor, University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad</p> <p>Member: PhD Predrag Ikonić, senior research associate, University of Novi Sad, Institute of Food Technology</p>
Note:	

## *Zahvalnica*

*Iskreno se zahvaljujem svojim mentorima dr Predragu Ikoniću i dr Mariji Jokanović na svesrdnoj pomoći i stručnom usmeravanju, na idejama i iskustvu koje su podelili sa mnom tokom izrade doktorske disertacije, kao i na podršci koju su mi pružili.*

*Zahvaljujem se dr Bojani Ikonić i dr Vojislavu Banjcu na sugestijama i savetima tokom izrade i pisanja disertacije.*

*Zahvaljujem se kolegama Strahinji Vidosavljeviću, Viktoru Stojkovu i Albertu Kormanjošu, kao i Dragani Cerovac i Gorici Rodić na pomoći u delu eksperimentalnog rada.*

*Hvala svim mojim kolegama i prijateljima sa Naučnog instituta za prehrambene tehnologije koji su mi praktično ili moralno pružili veliku pomoć pri izradi teze, a posebno se zahvaljujem dr Tatjani Peulić, mom duhovnom mentor, na velikoj pomoći i podršci.*

*Zahvaljujem se svojim prijateljima na podršci, transportu i stanovima koje su mi nesebično pružili.*

*Zahvaljujem se Institutu BioSense i dr Jovani Stanojev na korišćenju Skenirajućeg Elektronskog Mikroskopa.*

*Neizmernu zahvalnost dugujem svojim roditeljima, Dobrivoju i Biljani, i sestri Nataliji koji su tokom svih ovih godina uvek bili uz mene, jer bez njih ne bih bila ono što sam danas. Hvala vam za neizmeran trud, razumevanje i ljubav koje mi pružate.*

*Na kraju se zahvaljujem svom sinu Lazaru i supruhu Nenadu, na ogromnoj pomoći, izuzetnom strpljenju, stabilnosti i miru, kao i na ljubavi.*

## SPISAK SKRAĆENICA:

$a^*$  - udeo crvene/zelene boje

ANOVA - analiza varijanse

AOAC - (engl. *Association of Official Analytical Chemists*)

APAC - azijsko-pacifička regija (engl. *Asia-Pacific*)

$b^*$  - udeo žute/plave boje

BON – brzina obrtanja noževa

BOP - brzina obrtanja pužnice

CFU - broj formiranih kolonija po gramu (eng. *colony forming unit per gram*)

CV - koeficijent varijacije (engl. *coefficient of variation*)

DRV - nutritivne referentne vrednosti (engl. *dietary reference values*)

EFSA – Evropska agencija za bezbednost hrane (engl. *European Food Safety Authority*)

FAO - Organizacija za hranu i poljoprivredu (engl. *Food and Agricultural Organization*)

FDA – Uprava za hranu i lekove (engl. *Food and Drug Administration*)

FID - plameno-jonizujućim detektorom (engl. *Flame Ionization Detector*)

FOSHU – hrana za specifične zdravstvene potrebe (eng. *Foods for Specific Health Use*)

FSA - Agencija za standarde hrane (engl. *Food Standard Agency*)

FUFOSE - Evropska komisija za usaglašavanje aktivnosti u oblasti nauke o funkcionalnoj hrani u Evropi (engl. *The European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe*)

FV - finalna viskoznost na 50 °C (Pas) (engl. *cold paste viscosity*)

GPA - generalizovana Prokrustova analiza (engl. *Generalized Procrustean Analysis*)

IV - inicijalna viskoznost smeše (Pas) (engl. *initial viscosity*)

KK - kukuruzna krupica

$L^*$  - svetloća

LE – Lateralna ekspanzija (%)

MaxV - maksimalna viskoznost (Pas) (engl. *peak viscosity*)

MinV - minimalna viskoznost na 95 °C (Pas) (engl. *hot paste viscosity*)

MSM- mehanički separisano meso

NM - Nasipna masa

NPR - zadržavanje proteina (engl. *Net Protein Retention*)

o/min - obrtaja u minuti

OM – obrtni moment

PCA analiza - analiza glavnih komponenti (engl. *Principial Component Analysis*)

PDB - delimično obezmaščena govedina (eng. *Partially Defatted Beef*)

PDCAAS - svarljivost proteina bazirana na sastavu aminokiselina (engl. *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*)

PJ - pileća jetra

PLC - (engl. *Programmable Logic Controller*)

PM – protok materijala (engl. *feed rate*)

POM – prečnik otvora matrice

PT - pivski trop

R - iznos razrušavanja strukture skroba (Pas) (engl. *breakdown viscosity*)

Ret - iznos retrogradacije SBV - (engl. *setback viscosity*)

RSM - model odzivne površine (eng. *Response Surface Methodology*)

SAD - Sjedinjene Američke Države

SEM - Skenirajuda elektronska mikroskopija (engl. *Scanning Electron Microscopy*)

SME - Specifična mehanička energija

T3 - temperatura u zoni 3

T6 - temperatura u zoni 6

TD - prava svarljivost (engl. *True Digestability*)

Tg- temperatura početka želatinizacije (°C) (engl. *pasting temperature*), odnosno temperatura u trenutku početka rasta viskoznosti

Tm - temperatura na matrici

USDA - Ministarstvo poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (engl. *United States Department of Agriculture*)

WHO - Svetska zdravstvena organizacija (engl. *World Health Organization*)

## SPISAK SLIKA:

- Slika 1. Piramida ishrane iz 1992. godine (A) „Moja piramida” iz 2005. godine (B)
- Slika 2. Šematski prikaz programa ishrane „Moj tanjir”
- Slika 3. Šematski prikaz proizvodne linije za direktno ekspanđovane snek proizvode
- Slika 4. Šematski prikaz procesa proizvodnje direktno ekspanđiranih snek proizvoda i materijala koje učestvuju u njemu
- Slika 5. Osnovni delovi ekstrudera
- Slika 6. Konstrukcija ekstrudera sa kondicionerom
- Slika 7. Formiranje ekstrudata
- Slika 8. Snek proizvodi od mesa i snek proizvodi koji sadrže meso ili proteine mesa
- Slika 9. Potencijalna interakcija napojne smeše i parametra ekstrudiranja na karakteristike proizvoda
- Slika 10. Mehanički separisano meso
- Slika 11. Pileća jetra
- Slika 12. Proces proizvodnje piva
- Slika 13. Plan istraživanja u okviru doktorske disertacije
- Slika 14. Konvektivna sušnica tip dryerD-018, Solaris +
- Slika 15. Kuter tip Titane 20
- Slika 16. Dvopužni ekstruder tip Bühler BTKS 30/28D
- Slika 17. Šematski prikaz korišćene konfiguracije pužnica i segmenata od kojih je konfiguracija sastavljena
- Slika 18. Slike izlomljenih uzoraka nakon korišćenja *Vacuum coater* uređaja
- Slika 19. Nanošenje smeša začina na ekstrudate
- Slika 20. Nastavci korišćeni za određivanje teksture ekstrudata: nastavak za kompresiju (A), Warner-Bratzler nož u obliku slova V (B), Kramerova ćeliju sa 5 noževa (C)
- Slika 21. Prikaz CIELab sistema boja
- Slika 22. Skenirajući elektronski mikroskop TM3030
- Slika 23. Propelerski rotor FL2B (222-1599) sa teflonskim poklopcem (Z40)
- Slika 24. Komercijalni flips proizvodi sa ukusom pice (A) i sira (B)
- Slika 25. Uzorci pripremljeni za potrošački test
- Slika 26. Primeri snek proizvoda iz preliminarnog istraživanja: levo – 20% MSM i 0% PT; desno – 20% MSM i 20% PT
- Slika 27. Slike proizvedenih ekstrudata
- Slika 28. SEM slike nekih uzoraka snek proizvoda

## SPISAK GRAFIKA:

- Grafik 1. Kanali distribucije snek proizvoda u 2021. godini
- Grafik 2. Predviđanje kretanja odnosa prodaje putem interneta i *offline* prodaje snek proizvoda
- Grafik 3. Zastupljenost kanala prodaje snek i musli barova (supermarketi i hipermarketi >300 m<sup>2</sup>, srednje i velike radnje - od 40 do 300 m<sup>2</sup>, male radnje <40 m<sup>2</sup>)
- Grafik 4. Kriva promene viskoznosti u fukciji vremena i temperature
- Grafik 5. Poređenje SME vrednosti tokom proizvodnje uzoraka sa i bez dodatka pivskog tropa
- Grafik 6. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na SME vrednosti
- Grafik 7. Promena viskoznosti sa temperaturom u toku vremena kod izabranih neekstrudiranih smeša
- Grafik 8. Promena viskoznosti sa temperaturom u toku vremena kod izabranih ekstrudiranih snek proizvoda
- Grafik 9. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na sadržaj proteina u ekstrudatima
- Grafik 10. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na sadržaj vlakana u ekstrudatima
- Grafik 11. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na lateralnu ekspanziju ekstrudata
- Grafik 12. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na dužinu ekstrudata
- Grafik 13. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na nasipnu masu ekstrudata
- Grafik 14. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na tvrdoću ekstrudata
- Grafik 15. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na čvrstoću ekstrudata
- Grafik 16. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na hrskavost ekstrudata
- Grafik 17. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na svetloću (L<sup>\*</sup>) ekstrudata
- Grafik 18. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na udeo crvene boje (a<sup>\*</sup>) ekstrudata
- Grafik 19. Uticaj količine MSM-a i PT-a i BOP-a na udeo žute boje (b<sup>\*</sup>) ekstrudata
- Grafik 20. Grafički prikaz veličine osnovnih/glavnih komponenata
- Grafik 21. Biplot dijagram pozicije ispitanih snek proizvoda u PC prostoru u odnosu na posmatrani set izvornih varijabli
- Grafik 22. Učestalost konzumiranja slanih snek proizvoda, tzv. grickalica među ispitanim potrošačima
- Grafik 23. Stav potrošača prema kopovini ispitanih proizvoda

## SPISAK TABELA:

- Tabela 1. Pregled nutritivnih vrednosti komercijalnih snek proizvoda na tržištu Republike Srbije preuzetih deklaracija proizvoda
- Tabela 2. Sadržaj esencijalnih aminokiselina (mg/g proteina) u različitim uzorcima MSM-a
- Tabela 3. Hemijski sastav osnovnih sirovina
- Tabela 4. Box-Behnken eksperimentalni dizaj sa realnim i kodiranim (u zagradi) vrednostima ulaznih promenljivih
- Tabela 5. Senzorska svojstva, definicije i referentni uzorci
- Tabela 6. Parametri ekstrudiranja tokom preliminarnog eksperimenta
- Tabela 7. Sadržaj proteina i masti u ekstrudatima iz preliminarnih istraživanja
- Tabela 8. Fizičke karakteristike ekstrudata iz preliminarnih istraživanja
- Tabela 9. Parametri teksture i boje ekstrudata iz preliminarnih istraživanja
- Tabela 10. Hemijski sastav pripremljenih smeša
- Tabela 11. Parametri ekstrudiranja pripremljenih smeša u prvoj fazi istraživanja
- Tabela 12. Regresioni koeficijenti i analiza varijanse specifične mehaničke energije
- Tabela 13. Reološke karakteristike početnih/napojnih smeša
- Tabela 14. Reološke karakteristike ekstrudata
- Tabela 15. Hemijski sastav dobijenih ekstrudata
- Tabela 16. Regresioni koeficijenti i analiza varijanse za sadržaj proteina i vlakana
- Tabela 17. Osnovne fizičke karakteristike dobijenih ekstrudata
- Tabela 18. Regresioni koeficijenti i analiza varijanse osnovnih fizičkih karakteristika ekstrudata
- Tabela 19. Karakteristike teksture dobijenih ekstrudata
- Tabela 20. Regresioni koeficijenti i analiza varijanse karakteristika teksture snek proizvoda
- Tabela 21. Karakteristike boje dobijenih ekstrudata
- Tabela 22. Regresioni koeficijenti i analiza varijanse parametara boje snek proizvoda
- Tabela 23. Prikaz zadatih kriterijuma optimizacije
- Tabela 24. Parametri ekstrudiranja optimalne smeše
- Tabela 25. Poređenje optimalnih i eksperimentalnih vrednosti izlaznih parametara
- Tabela 26. Parametri ekstrudiranja snek proizvoda sa definisanim sadržajem pileće jetre (0/1/2%)
- Tabela 27. Mikrobiološki kvalitet snek proizvoda
- Tabela 28. Senzorska ocena snek proizvoda
- Tabela 29. Doprinosi varijabli za prve tri glavne komponente F1, F2 i F3
- Tabela 30. Ocena ukupne dopadljivosti snek proizvoda od strane senzorskog panela
- Tabela 31. Nutritivne vrednosti dobijenih i komercijalnih snek proizvoda
- Tabela 32. Sadržaj mineralnih materija u odabranim snek proizvodima
- Tabela 33. Sastav masnih kiselina izabranih snek proizvoda
- Tabela 34. Aminokiselinski sastav izabranih snek proizvoda
- Tabela 35. Antioksidativna aktivnost izabranih snek proizvoda

Tabela 36. Sociodemografski podaci ispitanika

Tabela 37. Rezultati ocene dopadljivosti proizvoda od strane potrošača



# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled literature.....	3
2.1 Trendovi u ishrani .....	3
2.2 Funkcionalna hrana .....	6
2.2.1 Podela funkcionalne hrane.....	8
2.3 Snek proizvodi .....	10
2.3.1 Definicija i podela snek proizvoda .....	10
2.3.2 Zastupljenost snek proizvoda na tržištu i u ishrani.....	11
2.4 Proces proizvodnje ekstrudiranih snek proizvoda.....	15
2.5 Ekstrudiranje .....	17
2.5.1 Ekstruderi .....	17
2.5.2 Princip rada ekstrudera .....	19
2.5.3 Uticaj ekstrudiranja na hemijske komponente.....	20
2.6 Nutritivno unapređeni snek proizvodi.....	22
2.7 Izazovi kreiranja nutritivno unapređenog snek proizvoda .....	25
2.8 Izabrane alternativne sirovine za unapređenje nutritivne vrednosti snek proizvoda.....	26
2.8.1 Mehanički separisano meso.....	26
2.8.2 Pileća jetra .....	29
2.8.3 Pivski trop.....	30
3. Zadatak rada.....	33
4. Materijal i metode .....	36
4.1 Materijal .....	36
4.1.1 Sirovine.....	36
4.2 Metode.....	37
4.2.1 Eksperimentalni dizajn .....	37
4.2.2 Proizvodnja ekstrudata .....	38
4.2.3 Formiranje arome .....	40
4.2.4 Fizičke karakteristike ekstrudata .....	42
4.2.5 Osnovne hemijske analize .....	42
4.2.6 Instrumentalno određivanje teksture ekstrudata .....	43

4.2.7 Instrumentalno određivanje boje .....	43
4.2.8 Skenirajuća elektronska mikroskopija.....	44
4.2.9 Reološka ispitivanja.....	44
4.2.10 Mikrobiološka ispitivanja.....	46
4.2.11 Određivanje antiradikalske aktivnosti na DPPH' .....	47
4.2.12 Određivanje aminokiselinskog sastava.....	47
4.2.13 Određivanje sastava masnih kiselina .....	48
4.2.14 Određivanje sadržaja mineralnih materija .....	48
4.2.15 Senzorka analiza i potrošački test.....	48
4.2.16 Statistička obrada podataka i optimizacija procesa .....	52
5. Rezultati i diskusija.....	54
5.1 Preliminarna istraživanja.....	54
5.2 Osnovna istraživanja - prvi deo.....	60
5.2.1 Proizvodnja snek proizvoda.....	60
5.2.2 Reološke karakteristike napojnih smeša i snek proizvoda .....	66
5.2.3 Nutritivne karakteristike snek proizvoda.....	72
5.2.4 Lateralna ekspanzija, dužina i nasipna masa snek proizvoda.....	78
5.2.5 Tekstura snek proizvoda.....	84
5.2.6 Mikrostruktura snek proizvoda.....	89
5.2.7 Boja snek proizvoda .....	90
5.2.8 Optimizacija .....	96
5.2.9 Validacija modela.....	98
5.3 Osnovna istraživanja - drugi deo.....	100
5.3.1 Proizvodnja uzoraka .....	101
5.3.2 Mikrobiološke analize .....	102
5.3.3 Senzorska ocena i odabir najbolje ocenjenih snek proizvoda.....	104
5.3.4 Nutritivna analiza senzorski najbolje ocenjenih snek proizvoda.....	110
5.3.5 Antioksidativna aktivnost.....	118
5.3.6 Potrošački test.....	118
6. Zaključak.....	125
7. Spisak literature .....	131
Prilozi.....	155

## Rezime

Cilj ove doktorske disertacije bio je razvoj i karakterizacija ekstrudiranog snek proizvoda unapređenog nutritivnog kvaliteta na bazi kukuruza sa dodatkom mehanički separisanog mesa, pivskog tropa i pileće jetre, visoko dopadljivog za potrošače. U ovoj studiji prvi put je proizveden snek proizvod u čiju formulaciju su uključene i animalne sirovine i pivski trop.

U cilju realizacije navedenog zadatka, istraživanja u okviru ove doktorske disertacije su podeljena na dva osnovna dela. Prvi deo je obuhvatio eksperimente izvedene radi optimizacije procesa ekstrudiranja, odnosno određivanja optimalne brzine obrtanja puža i sastava napojne smeše. Snek proizvodi su proizvedeni prema definisanom eksperimentalnom planu, pri čemu su udeli mehanički separisanog mesa (4/8/12%), pivskog tropa (10/20/30%), te brzina obrtanja puža (500/700/900 o/min) posmatrani kao ulazne promenljive. Između ulaznih i ispitanih izlaznih promenljivih (specifična mehanička energija, sadržaj proteina, sadržaj vlakana, lateralna ekspanzija, dužina ekstrudata, nasipna masa, parametri teksture i boje) definisani su modeli odziva i značajnosti pojedinačnih faktora, kao i njihovih interakcija na posmatrane odzive, uz korišćenje postupka odzivne površine (engl. *Response Surface Methodology*) i analize varijanse, kao odgovarajućih statističkih alata. Primenom optimalnih uslova proizvodnje (4% mehanički separisanog mesa, 14,8% pivskog tropa, 900 o/min), definisanih preko funkcije poželjnosti, uspešno je proizveden flips proizvod predviđenih karakteristika, čime je opimizacija potvrđena.

U drugom delu istraživanja, deo mehanički separisanog mesa je zamenjen pilećom jetrom (0/25/50%) i na površinu snek proizvoda su nanete mešavine začina sa ukusom pice, sira i pesta. Ispitana je mikrobiološka ispravnost proizvoda, a zatim je sprovedena senzorska ocena proizvoda primenom deskriptivne analize. Proizvodi sa najvišom ocenom ukupne dopadljivosti su predstavljali uzorke kod kojih je 25% mehanički separisanog mesa bilo zamenjeno jetrom, a koji su imali ukus pice ili sira. Izabrani proizvodi su zatim okarakterisani sa nutritivnog aspekta i na potrošačkom testu upoređeni sa sličnim komercijalnim snek proizvodima, te ocenjeni kao dopadljivi potrošačima, pri čemu je proizvod sa ukusom pice ocenjen najvišim ocenama.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da inovativni funkcionalni snek proizvodi razvijeni tokom istraživanja mogu da pomognu razvoju tržišta funkcionalne hrane u Srbiji. Takođe, zamena komercijalnih čips i flips proizvoda, razvijenim inovativnim proizvodima, u ishrani, može imati povoljno dejstvo na zdravlje ljudi. Pored toga, inkorporacija pivskog tropa u razvijeni flips proizvod omogućava novi način valorizacije ove otpadne sirovine i potencijalno dobro utiče na očuvanje životne sredine, u skladu sa konceptom cirkularne ekonomije.

## **Abstract**

The aim of this doctoral dissertation was the development and characterization of extruded snack products with improved nutritional quality based on corn meal, supplemented with mechanically deboned poultry meat, brewer's spent grain, and chicken liver, appealing to consumers. In this study, a snack product incorporating together animal-derived ingredients and brewer's spent grain was produced for the first time.

In order to accomplish the stated objectives, the research within this doctoral dissertation was divided into two main parts. The first part encompassed experiments conducted to optimize the extrusion process, determining the optimal screw speed and feed composition. Snack products were manufactured according to previously established experimental plan, with mechanically deboned poultry meat share (4/8/12%), brewer's spent grain share (10/20/30%), and screw speed (500/700/900 rpm) considered as input variables. Response models and the significance of individual factors and their interactions on the observed responses were defined between input and tested output variables (specific mechanical energy, protein content, fiber content, lateral expansion, extrudate length, bulk density, texture parameters, and color) using the Response Surface Methodology and Analysis of variance as appropriate statistical tools. By applying the optimal production conditions (4% mechanically separated meat, 14.8% brewer's spent grain, 900 rpm), defined through a desirability function, a snack product with the wanted characteristics was successfully produced, confirming the optimization.

In the second part of the research, a portion of the mechanically deboned poultry meat was replaced with chicken liver (0/25/50%), and spices with pizza, cheese, and pesto flavors were applied to the surface of the snack products. The microbiological safety of the product was evaluated, followed by a sensory assessment using descriptive analysis. Products with the highest overall liking scores were those where 25% of mechanically deboned poultry meat was replaced with a chicken liver, having pizza or cheese flavors. Further, the selected products were characterized from a nutritional perspective and compared to similar commercial snack products in a consumer test, where the pizza-flavored product received the highest ratings.

Based on the obtained results, it can be concluded that the innovative functional snack products developed during this research can contribute to development of the functional food market in Serbia. Furthermore, replacing commercial snack products with these innovative products in the diet may have a favorable impact on human health. Additionally, the incorporation of brewer's spent grain into the developed snack product provides a new way to valorize this waste material and potentially benefits environmental preservation, respecting the circular economy concept.

# 1. Uvod

Poslednjih decenija umogome se izmenio način života i životne navike ljudi. Povećao se broj domaćinstava u kojima živi samo jedna osoba, broj radnih sati, zaposlenost žena, mobilnost ljudi itd., što je rezultiralo novim zahtevima potrošača u pogledu prehrambenih proizvoda koji treba da olakšaju svakodnevicu modernog čoveka. Između ostalog, javila se i potreba za unapređenjem postojećih prehrambenih proizvoda. Stoga, prehrambena industrija širi svoj asortiman proizvoda, pri čemu tzv. „praktična hrana“ (eng. *convenience food*) sve više dobija na značaju. Termin „praktična hrana“ podrazumeva prehrambene proizvode koji su spremni za konzumiranje ili je za njihovu pripremu potreban kratak vremenski period i nisu potrebne kulinarske veštine. U ovu grupu proizvoda se ubrajaju instant proizvodi koji se brzo i lako pripremaju ili su već spremni za konzumiranje, zamrznuta hrana, dehidrisana ili sterilisana hrana koja se može čuvati na sobnoj temperaturi, snek proizvodi itd. Međutim, većina komercijalno dostupne „praktične hrane“ je slabijeg nutritivnog kvaliteta, odnosno sadrži puno masti, šećera, soli i prehrambenih aditiva.

Današnji potrošači, osim zahteva u pogledu „praktičnosti“ hrane, zbog sveopšte spoznaje veze između zdravlja i ishrane, takođe se trude da biraju namirnice kvalitetnijeg nutritivnog sastava, odnosno namirnice bogate vlaknima, proteinima, mineralnim materijama itd. Kao odgovor na to, prehrambena industrija poslednjih godina ulaže u razvoj novih „praktičnih“ prehrambenih proizvoda, koji osim što imaju ulogu da obezbede energiju i osnovne makro- i mikronutrijente, takođe imaju ulogu u prevenciji bolesti povezanih sa ishranom (engl. *nutrition-related diseases*) i unapređenju fizičkog i psihičkog zdravlja konzumenta. Ovakva vrsta prehrambenih proizvoda, koja ima dvojaku ulogu, odnosno obezbeđuje osnovne nutrijente neophodne za normalan rast i razvoj organizma, i ima povoljan uticaj na ljudsko zdravlje, naziva se *funkcionalna hrana*.

Snek proizvodi su jedan od bitnijih predstavnika „praktične hrane“ i s obzirom da su sve zastupljeniji u ishrani stanovništva, a pre svega među mladmom populacijom, treba posvetiti posebnu pažnju unapređenju njihovog nutritivnog sastava. Veliki broj komercijalno dostupnih snek proizvoda se izrađuje tehnologijom

ekstrudiranja, koja svojom fleksibilnošću nudi mogućnosti za inkorporaciju različitih funkcionalnih sirovina bogatih nutrijentima.

Imajući u vidu prethodno navedeno, primarni cilj ove doktorske disertacije jeste razvoj i karakterizacija novog snek (flips) proizvoda dopadljivog za potrošača, koji se odlikuje povećanim sadržajem proteina i vlakana, te smanjenim sadržajem masti u odnosu na komercijalno dostupne slane snek proizvode, tzv. „grickalice” (engl. *savory snacks*). Adekvatan unos proteina je veoma važan za razvoj organizma, pre svega zbog strukturne uloge proteina u tkivima, zatim uloge u obnavljanju ćelija, sintezi hormona i enzima, te izgradnji mišića i jačanju imunološkog sistema. Sa druge strane, unos vlakana smanjuje rizik od razvoja koronarnih bolesti, pojave moždanog udara, hipertenzije, dijabetesa, gojaznosti itd. U pregledanoj literaturi, do sada nije ispitana mogućnost unapređenja snek proizvoda na bazi kukuruza dodatkom pivskog tropa i sirovina animalnog porekla (mehanički separisano meso i pileća jetra). Razvoj ovog proizvoda predstavlja kompleksan zadatak, jer se poboljšanje nutritivnog kvaliteta postiže sirovinama koje potencijalno nepovoljno utiču na senzorske karakteristike ekstrudiranih proizvoda (izgled, teksturu, ukus i miris). Takođe, zbog upotrebe pivskog tropa, koji predstavlja sporedni proizvod industrije piva, sekundarni cilj ove doktorske disertacije jeste uspostavljanje novog načina valorizacije pivskog tropa kao visokovrednog sporednog proizvoda, a što je u skladu sa principima cirkularne ekonomije.

Flips proizvodi poboljšanog nutritivnog kvaliteta nisu široko rasprostranjeni na tržištu Republike Srbije, te bi jedan ovakav proizvod doprineo širenju asortimana sličnih proizvoda na ovim prostorima. S obzirom da su sirovine potrebne za proizvodnju ovog proizvoda relativno jeftine i lako dostupne, ili predstavljaju sporedne proizvode prehrambene industrije, finalni proizvod bi potencijalno imao nisku cenu i samim tim bi bio pristupačan velikom broju kupaca.

## 2. Pregled literature

### 2.1 Trendovi u ishrani

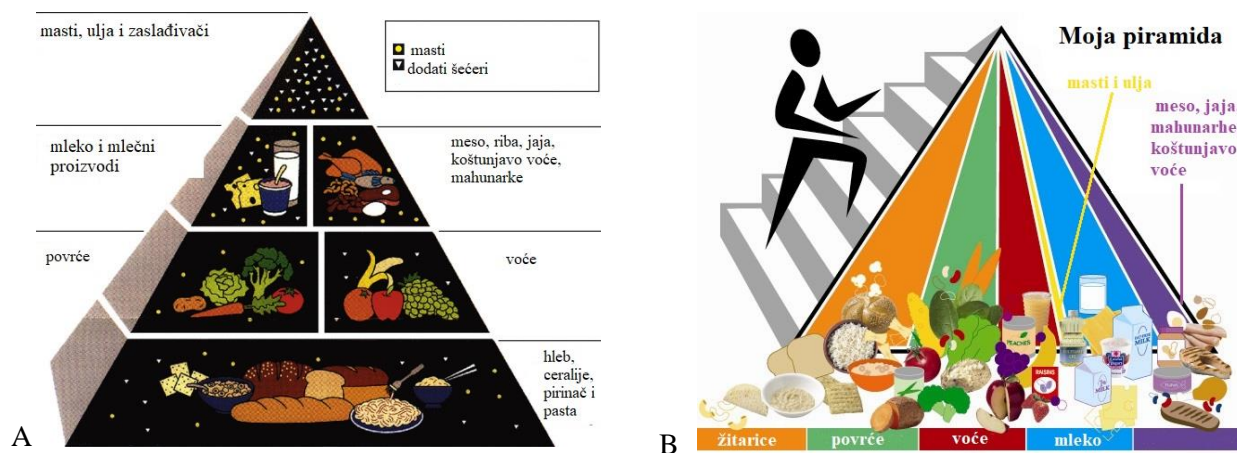
U današnje vreme, jednostavan pristup informacijama omogućio je da se savremeni potrošač edukuje o uticaju i povezanosti hrane i zdravlja (Mollet i Rowland, 2002). Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji (eng. *World Health Organization* - WHO) i Organizaciji za hranu i poljoprivredu (eng. *Food and Agriculture Organization* - FAO), određeni obrasci ishrane zajedno sa životnim navikama predstavljaju glavne faktore rizika za razvoj hroničnih bolesti (WHO, 2003).

Nauka o ishrani predstavlja multidisciplinarnu oblast koja se bavi proučavanjem potrebne količine hranljivih materija, međusobnih odnosa i mehanizama pomoću kojih različite komponente hrane obezbeđuju energiju i nutrijente potrebne za život (MacIntyre, 2009; Vorster, 2009; Younger, 2009). Hrana predstavlja kombinaciju namirnica, a one su kombinacija hranljivih materija. Hrana ima ulogu da obezbedi normalan razvoj i funkcionisanje organizma. Svaka namirnica je hrana ali treba imati na umu da ni jedna namirnica ne može u potpunosti da zadovolji potrebe organizma, tj. ne postoji kompletna namirnica (Vasiljević i Đonović, 2019). Jedino se majčino mleko za odojčad može smatrati kompletnom namirnicom.

Pored toga što su gradivni elementi organizma, razgradnjom makronutrijenata iz hrane organizam se snabdeva energijom. Makronutrijenti se mogu podeliti na tri velike grupe: ugljeni hidrati, masti i proteini. Mikronutrijenti su organizmu potrebni u malim količinama i ovoj grupi pripadaju vitamini i minerali. Minerali se, zatim, dele na makroelemente (natrijum, kalijum, kalcijum, fosfor i magnezijum) i mikroelemente (gvožđe, cink, fluor, bakar, jod, selen i hrom). Iako su u ishrani potrebni u malim količinama imaju veoma važne funkcije u organizmu: kofaktori, koenzimi, antioksidansi, gradivne materije (Lehninger i sar., 2005; Rađen, 2012). Dobro izbalansirana ishrana, koja sadrži sve potrebne makro- i mikronutrijente i koja je pri tome zdravstveno bezbedna, pruža osnovu dobrog zdravstvenog stanja ljudi (Vorster, 2009). Veza između ishrane i zdravlja uočena je još u trećem veku pre nove ere: „Hrana neka bude tvoj lek, lek neka bude hrana tvoja” (Hipokrat, 300. god. p.n.e.). Pravilna ishrana

poovoljno utiče na zdravlje i kvalitet života, prevenira nezarazne bolesti, poboljšava imunitet, popravljajući fizičku kondiciju i radnu sposobnost, doprinosi usvajanju zdravog načina života. Ishrana je najznačajniji faktor dobrostanja na koji čovek sam može da utiče (Vorster, 2009). Osnovni princip pravilne ishrane podrazumeva uobročenost, raznovrsnost namirnica i njihovu odgovarajuću zastupljenost u svakodnevnoj ishrani, kao i pravilan način pripreme (Rađen, 2012).

Zbog uske povezanosti ishrane i zdravlja, države i različite institucije razvijaju tzv. nutritivne vodiče, čiji je zadatak da širu populaciju usmere ka pravilnom odabiru i pripremi namirnica. Verovatno najpoznatiji nutritivni vodič jeste Piramida ishrane, koja predstavlja slikovni prikaz svih namirnica/grupa namirnica koje treba konzumirati u toku dana (24 sata). Prvu verziju piramide ishrane je razvilo Ministarstvo poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (engl. *United States Department of Agriculture - USDA*) 1992. godine. Piramidalni oblik ima funkciju da predstavi razliku u potrebama za unosom namirnica: konzumirati veću količinu namirnica sa dna piramide, dok one na vrhu treba retko unositi. Na piramidi ishrane proporcionalno preporučenom dnevnom unosu su prikazane grupe namirnica: hleb, ceralije, pasta i pirinač; voće i povrće; mlečni proizvodi; jaja, riba, mahunarke, crveno meso i živina; masti i šećeri (slika 1A). Sa novim saznanjima 2005. godine se pojavila nova verzija piramide ishrane pod nazivom „Moja piramida” (engl. *My piramide*) (Vasiljević i Đonović, 2019). Ova piramida ishrane odlikava preporučeni unos određene grupe namirnica u vidu vertikalne linije čija debljina odgovara unosu. Sa leve strane piramide, može se uočiti osoba koja se penje uz stepenice, što ima za ulogu da naglasi važnost fizičke aktivnosti (slika 1B).

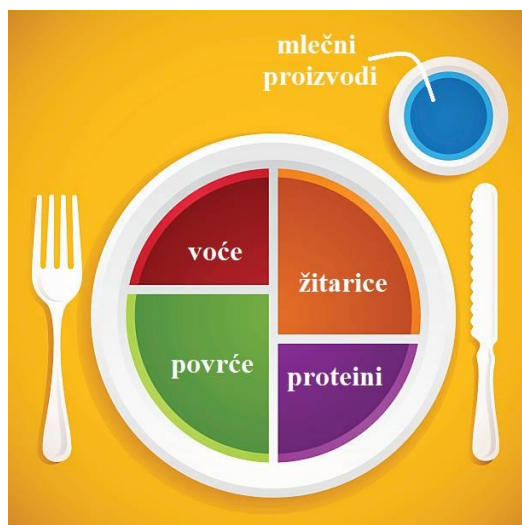


**Slika 1.** Piramida ishrane iz 1992. godine (A) „Moja piramida” iz 2005. godine (B) (Marcus, 2013)

USDA je 2011. godine razvila novi program ishrane pod nazivom „Moj tanjir” (engl. *My plate*) (slika 2), koji je slikovito prikazan kao tanjir pored koga se nalazi čaša. Tanjir je podeljen na četiri dela i sugerise



potrebne unose: voća, povrća, žitarica i proteina, pri čemu je istaknuto da polovinu obroka čine voće i povrće. Čaša reprezentuje mlečne proizvode. U okviru ovog programa, razvijena je internet platforma gde potrošači preko sajta <https://www.choosemyplate.gov> mogu da se informišu o nekoj namirnici ili grupama namirnica, kao i o načinu njihove pripreme i preporučenim dnevnim unosima, a takođe mogu da kreiraju personalni plan ishrane (<https://www.choosemyplate.gov>).



**Slika 2.** Šematski prikaz programa ishrane „Moj tanjir“  
(<https://www.organicnet.co/en/magazine/ultimativni-vodic-za-zdrav-obrok-sta-sve-treba-da-se-nade-na-vasem-tanjiru>)

Zatim, od 1980. godine izlazi „Vodič za pravilnu ishranu Amerikanaca“ (engl. *Dietary Guidelines for Americans*), takođe sa ciljem unapređenja psiho-fizičkog zdravlja ljudi, čije poslednje izdanje „Vodič za pravilnu ishranu Amerikanaca 2020-2025“ sa parolom „Neka se svaki zalogaj računa“ daje četiri ključne smernice (USDA, 2020):

- Treba se pridržavati zdrave ishrane u skladu sa godinama,
- Ishranu bazirajte na hranljivim prehrambenim proizvodima (engl. *nutrient dense food*) negujući lične i kulturološke preferencije prema novčanim mogućnostima,
- Potrebe za određenim grupama namirnica zadovoljavajte hranom i pićem bogatim hranljivim materijama, i ne odstupajte od kalorijskog limita,
- Ograničite unos hrane i sokova sa visokim udelom dodatog šećera, zasićenih masti i soli, kao i unos alkohola.

Krajem novembra 2018. godine Evropska agencija za bezbednost hrane (engl. *European Food Safety Authority* - EFSA) je lansirala interaktivnu internet platformu (<http://www.efsa.europa.eu/en/interactive-pages/drvs>) koja je namenjena svima koji se bave ishranom kako bi na jednostavan i brz način došli do

nutritivnih referentnih vrednosti (engl. *dietary reference values* - DRV) za određenu individuu. Na platformi se mogu naći preporuke za dnevni unos vode, masti, ugljenih hidrata, proteina, energije, kao i 14 vitamina i 13 minerala, a od marta 2019. godine je proširena i za preporučeni unos natrijuma i hloriga (<http://www.efsa.europa.eu>).

## 2.2 Funkcionalna hrana

Pokazalo se da su izbalansirana ishrana i fizička aktivnost bitni činioci za podizanje kvaliteta života, poboljšanje zdravlja ljudi i smanjenje rizika od hroničnih bolesti. Popularna je premisa da hrana modernog potrošača pored svoje osnovne uloge, da utoli glad, obezbedi energiju, rast i razvoj organizma, takođe treba da ima ulogu u prevenciji bolesti i unapređenju fizičkog i psihičkog zdravlja konzumenta. Iz tog razloga, razvijen je koncept funkcionalne hrane. Povećanje opšte zabrinutosti za zdravlje, problem gojaznosti, starenje populacije i zahtev za smanjenjem troškova javnog zdravstva otvaraju ogromno tržište za funkcionalnu hranu (Friganović i sar., 2011; Miletić i sar., 2008; Niva, 2007;).

Funkcionalna hrana se prvi put pominje 80-ih godina 20. veka u Japanu i podrazumeva prehrambene proizvode obogaćene nutrijentima koji imaju potencijalno povoljno fiziološko dejstvo na ljudski organizam. Koncept funkcionalne hrane je razvila japanska vlada sa ciljem smanjenja troškova lečenja populacije. Ministarstvo zdravlja Japana 1991. godine predstavlja posebnu kategoriju hrane: „hrana za specifične zdravstvene potrebe“ (eng. *food for specific health use* - FOSHU *food*). Od tada se koncept funkcionalne hrane razvija i širi, dolazeći do različitih država koje ga prilagođavaju svom tržištu. Tako danas ne postoji jedinstvena, univerzalno prihvaćena definicija funkcionalne hrane. Stoga je postavljanje jasne granice između konvencionalne i funkcionalne hrane veliki izazov čak i za nutricioniste i prehrambene tehnologe (Mark-Herbert, 2004; Niva, 2007).

Ministarstvo zdravlja Japana (prema Roberfroid-u, 2000), definiše FOSHU kao:

- Hrana za koju se očekuje da zbog svog sastava ima specifičan zdravstveni uticaj ili hrana iz koje su uklonjeni alergeni;
- Hrana za koju je naučno dokazano da zbog dodatka ili smanjenja nekih supstanci ima povoljan uticaj na zdravlje.

Kako bi japanski proizvođači za svoje proizvode dobili FOSHU žig, oni su u obavezi da prilikom apliciranja dostave naučne dokaze koji potvrđuju lekovitu ili nutritivnu vrednost hrane, sastav hrane, potvrdu o bezbednosti hrane, fizičko-hemijske karakteristike hrane, metode istraživanja i preporučenu dozu funkcionalne hrane (Martirosyan i Singh, 2015).

Sa druge strane, Evropska komisija za usaglašavanje aktivnosti u oblasti nauke o funkcionalnoj hrani u Evropi (engl. *The European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe* -

FUFOSE) je 1999. godine definisala koncept funkcionalne hrane na sledeći način: „Hrana se može smatrati funkcionalnom ukoliko je na zadovoljavajući način demonstrirala povoljno dejstvo na jednu ili više ciljanih funkcija u organizmu, na način koji je relevantan za unapređenje zdravlja i opšteg stanja organizma i/ili smanjuje rizik od oboljenja. Funkcionalna hrana mora ostati hrana i mora ispoljiti svoje efekte u količinama za koje se očekuje da će biti unete normalnom ishranom: to nije pilula ili kapsula već je deo normalnog načina ishrane“ (Diplock i sar., 1999). Međutim, u Evropi ne postoji oznaka (žig) da je neka hrana funkcionalna, već proizvođači hrane mogu za svoje proizvode da koriste nutritivne ili zdravstvene izjave. Nutritivne izjave se odnose na osnovne nutritivne komponente hrane, dok zdravstvene izjave pružaju informaciju o potencijalu namirnice da spreči pojavu ili pak pomogne u lečenju neke bolesti. Ove zdravstvene izjave, slično FOSHU oznaci, moraju biti potkrepljene naučnim dokazima.

Evropska regulativa razlikuje tri vrste izjava (Regulation (EC) No. 1924/2006):

- Nutritivne izjave - bilo koja izjava koja implicira da neka hrana ima povoljne nutritivne karakteristike, što se ogleda u povećanom/smanjenom ili u potpunosti redukovanom sadržaju nekog nutrijenta ili energetske vrednosti;
- Zdravstvene izjave - izjava koja implicira vezu između hrane ili nekog njenog sastojka i zdravlja;
- Izjave koje ukazuju na smanjeni rizik od oboljenja - izjava koja implicira da konzumiranje određene hrane ili njenog sastojka značajno smanjuje rizik od oboljenja.

Dalje, pomenuta regulativa Evropske komisije (Regulation (EC) No. 1924/2006) razlikuje nekoliko tipova zdravstvenih izjava:

- Zdravstvene izjave izuzev onih koje se odnose na smanjenje rizika od neke bolesti i na razvoj i zdravlje dece (engl. *Health claims other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health*) (član 13);
- Izjave o smanjenju rizika od neke bolesti i izjave koje se odnose na razvoj i zdravlje dece (engl. *Reduction of disease risk claims and claims referring to children's development and health*) (član 14)
  - a) Izjave o smanjenju rizika od neke bolesti (engl. *reduction of disease risk claims*);
  - b) Izjave koje se odnose na razvoj i zdravlje dece (engl. *claims referring to children's development and health*).

Za navođenje zdravstvenih izjava iz člana 13, koje su potkrepljene opšteprihvaćenim naučnim dokazima nije potrebno podneti dokumentaciju koja ih dokazuje. Sa druge strane, član 13 tačka 5, napominje da za upotrebu izjava formiranih na osnovu novih naučnih istraživanja, i za njihovo odobrenje od strane EFSA-e, neophodno je priložiti dokaze o istinitosti izjave. Izjave koje se odnose na smanjenje rizika od neke bolesti ili na razvoj i zdravlje dece se nalaze u članu 14 i za njihovo odobrenje neophodno je proći ceo proces autorizacije i verifikacije zdravstvene izjave. Proizvođači hrane za ove izjave moraju dostaviti

naučne dokaze u koje obavezno spadaju i kliničke studije. Nutritivne i zdravstvene izjave koje se nalaze u zakonu su dostupne svim proizvođačima hrane, dok su zdravstvene izjave dobijene na osnovu sopstvenih istraživanja dostupne samo tom proizvođaču, odnosno onom koji je pokrenuo proceduru za njihovo izdavanje (Kiely i sar. 2010; Moors, 2012).

U Republici Srbiji, takođe, ne postoji zvanična definicija funkcionalne hrane u nekom od zakona ili pravilnika Republike Srbije. Usaglašavajući svoje zakonodavstvo sa propisima Evropske Unije, u Republici Srbiji je 2018. godine donet Pravilnik o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane („Sl. glasnik RS“, br. 51/2018 i 103/2018) u kome se razlikuju nutritivne izjave (Prilog 1 Pravilnika), odobrene zdravstvene izjave (Prilog 2 Pravilnika) i zdravstvene izjave koje su utemeljene na naučnim dokazima novijeg razvoja i koje uključuju zahtev za zaštitom vlasničkih podataka (Prilog 2a Pravilnika). Navedeni Pravilnik je u potpunosti usklađen sa pravilnikom Evropske Unije, stoga sve što je prethodno rečeno za Pravilnik Evropske Unije (Regulation (EC) No. 1924/2006) se odnosi i na ovaj Pravilnik („Sl. glasnik RS“, br. 51/2018 i 103/2018).

Interesovanje za funkcionalnu hranu raste širom sveta zbog promene svesti potrošača koji sve više brinu o sebi (Hasler, 2000). Pružanje dodatnih informacija potrošačima o funkcionalnoj hrani putem zdravstvenih izjava povećava vrednost funkcionalnog proizvoda (Hailu i sar., 2009; Vecchio i sar., 2016). Takođe, treba imati u vidu da funkcionalna hrana ne mora nužno biti funkcionalna za celu populaciju. Mnogi naučnici sugerišu individualne biohemijske potrebe ljudi za određenim nutrijentom koje se zasnivaju na genetskoj osnovi pojedinca. Takođe, veoma je bitno shvatiti razliku između hrane i leka. Funkcionalna hrana nije lek. Ako se u proizvodu prepoznaju indikacije za lečenje ili prevenciju određenih bolesti/stanja onda je taj proizvod lek i izvesna doza toksičnosti je tolerantna, ali ako se u proizvodu ne prepoznaju indikacije za lečenje ili prevenciju određenih bolesti/stanja onda je to hrana i pri normalnim količinama unosa ne sme doći ni do kakvih toksičnih reakcija (Friganović i sar., 2011).

### **2.2.1 Podela funkcionalne hrane**

Prema načinu delovanja, funkcionalna hrana se može podeliti na (Siro i sar., 2008):

- Hranu koja može da poboljša opšte zdravstveno stanje organizma (npr. da utiče na pravilan rad želudca i creva primenom prebiotika i probiotika);
- Hranu koja može da smanji rizik od nastanka bolesti (npr. proizvodi koji snižavaju nivo holesterola u krvi ili visok krvni pritisak) i
- Hranu koja se koristi sa ciljem da olakša svakodnevicu nekih zdravstveno ugroženih grupa (npr. hrana bez glutena ili laktoze).

Na osnovu toga kako je postignuta funkcionalnost prehrambenog proizvoda, funkcionalni proizvodi se dele na (Bigliardi i Galat, 2013; Kotilainen, 2006;):

- Nemodifikovana/neprerađena hrana;
- Proizvod povećane vrednosti;
- Obogaćen proizvod;
- Izmenjen proizvod i
- Unapređen proizvod.

Nemodifikovana/neprerađena hrana (engl. *whole food*) - Najjednostavniji oblik funkcionalne hrane, odnosno hrana u svom prirodnom obliku. U ovu grupu funkcionalnih proizvoda spadaju voće, povrće i začinsko bilje. Ove namirnice su bogate različitim fiziološki aktivnim supstancama koje deluju povoljno na organizam i smanjuju rizik od nastanka nekih bolesti (paradajz - likopen, brokoli - sulforafan, šargarepa - karotenoidi itd.).

Proizvod povećane nutritivne vrednosti (engl. *fortified food*) - Hrana sa povećanim sadržajem postojećeg nutrijenta. Neki od primera ovih proizvoda jesu sokovi sa povećanom koncentracijom vitamina C, A i E, zatim mleko sa povećanom količinom vitamina D, jodirana so, hleb sa vitaminom B3 itd. Fortifikacija hrane se često sprovodi i nakon gubitka/smanjenja određenog nutrijenta u toku prerade namirnice (Mannar i Khan, 2016).

Obogaćen proizvod (engl. *enriched food*) - Hrana u koju je dodat novi nutrijent ili komponenta koja inače nije prisutna u velikoj količini u toj hrani. Primeri ovih proizvoda jesu voćni sokovi sa dodatkom kalcijuma ili margarina obogaćeni biljnim sterolima.

Izmenjen proizvod (engl. *altered food*) - Zamena postojeće neželjene komponente i/ili antinutrijenta odgovarajućim nutrijentima koji imaju povoljan učinak, tj. hrana kod koje je štetna komponenta uklonjena, njen sadržaj je smanjen ili je zamenjena supstancom sa povoljnim dejstvom. Kod ovih proizvoda veliki je izazov zameniti neku komponentu, a da se pri tome ne smanji kvalitet proizvoda. Jedan od primera su svi proizvodi sa smanjenim udelom ili bez masti, kod kojih su masti zamenjene dijetetskim vlaknima.

Unapređen proizvod (engl. *enhanced commodities*) - Hrana kod koje je jedna od komponenta prirodno unapređena putem posebnih uslova gajenja, novog sastava hraniva, genetskim inženjeringom ili na neki drugi način. Jaja sa povećanim sadržajem omega 3 masnih kiselina, dobijena izmenjenom hranom za koke nosilje, zatim voće i povrće sa povećanim sadržajem bioaktivnih jedinjenja itd. su neki od predstavnika ove grupe funkcionalnih namirnica.

Ipak ,neki autori definišu proizvod povećane nutritivne vrednosti (engl. *fortified food*) i obogaćen proizvod (engl. *enriched food*) obrnutim definicijama u odnosu na prethodno navedene (Dary i Mora, 2013).

## 2.3 Snek proizvodi

### 2.3.1 Definicija i podela snek proizvoda

Postoje različite definicije snek proizvoda, a najjednostavnija i sveobuhvatna je da se pod ovim pojmom podrazumevaju pripremljene ili polupripremljene namirnice koje se konzumiraju između obroka (Verma i sar., 2016).

U snek proizvode se ubraja širok spektar prehrambenih proizvoda, a na osnovu načina proizvodnje mogu se podeliti u 3 osnovne grupe (Riaz, 2004; Verma i sar., 2016):

- Prva generacija snek proizvoda;
- Druga generacija snek proizvoda i
- Treća generacija snek proizvoda.

U prvu generaciju snek proizvoda se svrstavaju svi prirodni proizvodi koji se jedu između obroka. Stoga u ovu grupu proizvoda spadaju bademi, orasi i ostali orašasti proizvodi, kao i snek proizvodi poput čipsa od krompira i kokice (Riaz, 2004).

Druga generacija snek proizvoda, je najobimnija kategorija snek proizvoda jer njoj pripadaju svi monokomponentni snek proizvodi, poput tortilja čipsa, kao i svi direktno ekspanzirani proizvodi (flips proizvodi, ekspanzirani snek proizvodi) (Riaz, 2004).

Pod pojmom „treća generacija snek proizvoda“ (engl. *pellets*) podrazumevaju se različiti poluproizvodi ili delimično pripremljeni proizvodi. Ovoj grupi proizvoda pripadaju i poluproizvodi koji se dobijaju tehnologijom ekstrudiranja s tim da se pri proizvodnji održava nizak pritisak u cevi ekstrudera kako bi se sprečilo ekspanziranje proizvoda pri izlasku iz ekstrudera. Poluproizvod ekspanzira u sledećoj fazi procesa, npr.: prženjem u ulju, pečenjem pod dejstvom vrelog vazduha, usled mikrotalasnog ili infracrvenog zračenja, nakon čega se dodaju arome i začini kako bi se dobio finalni proizvod (Panak Balentić i sar., 2018; Riaz, 2000; Riaz, 2004). Proizvodi treće generacije se mogu prodavati i polupripremljeni, odnosno začinjeni ali neekspanzirani, pa ih potom kupci pripremaju kod kuće. Ovakav poluproizvod je veoma kompaktan (nasipne mase od 300-400 g/l), te zauzima manje prostora. Takođe, proizvod ne sadrži ulje koje može da oksiduje. Zbog ovih karakteristika, skladištenje i transport snek proizvoda treće generacije su izuzetno jednostavni (Panak Balentić i sar., 2018; Riaz, 2004). Neki od primera snek proizvoda treće generacije dostupnih na tržištu Republike Srbije jesu: snek proizvod na bazi peleta sa ukusom piletine i snek proizvod na bazi peleta sa ukusom slanine proizvođača *Marbo*.

Prema Pravilniku o kvalitetu i drugim zahtevima za fine pekarske proizvode, žita za doručak i snek proizvode („Sl. list SCG”, br. 12/2005 i „Sl. glasnik RS”, br. 43/2013 - dr. pravilnik i 68/2016 - dr.

pravilnik), neki proizvodi su u Republici Srbiji definisani kao „pikantni proizvodi od krompira, žita, mlinskih proizvoda, skroba, jezgrastog voća, semenki i sl.”.

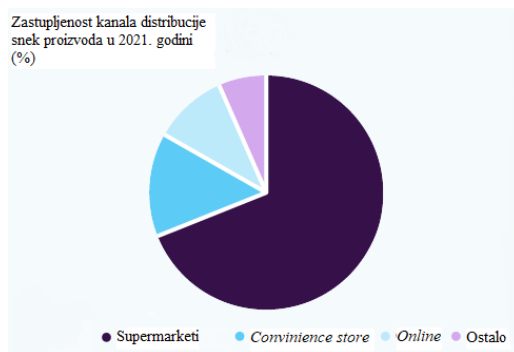
Na osnovu sastava i načina obrade, prema Pravilniku, razlikuju se:

- čips;
- čips proizvodi;
- proizvodi na bazi peleta;
- flips;
- ekspanzirani proizvodi;
- prženi i suvopečeni plodovi, semenke i srodni proizvodi.

Flips proizvodi su prema navedenom Pravilniku („Sl. list SCG”, br. 12/2005 i „Sl. glasnik RS”, br. 43/2013 - dr. pravilnik i 68/2016 - dr. pravilnik) opisani kao proizvodi „dobijeni postupkom ekstrudiranja i ekspanziranja sirovina na bazi žita, mahunjača, krompira i drugih namirnica, uz dodatak masnoća, šećera, soli i drugih namirnica“.

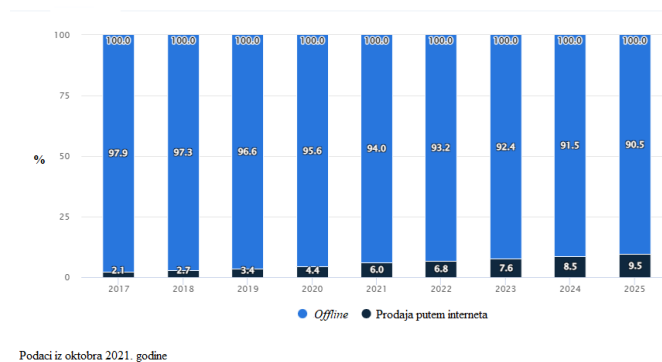
### 2.3.2 Zastupljenost snek proizvoda na tržištu i u ishrani

Snek proizvodi su već duži niz godina sastavni deo svakodnevne ishrane ljudi (Riaz, 2004). Industrija snek proizvoda je u usponu, o čemu svedoči podatak da se predviđa ukupna godišnja stopa rasta (engl. *The compound annual growth rate*) od 3,37% u periodu od 2022. do 2027. godine (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/snack-food-market>). Trenutna zarada snek industrije na globalnom nivou iznosi 507,2 milijarde američkih dolara, a procenjuje se da će do 2033. godine dostići 835,8 milijardi američkih dolara (<https://www.factmr.com/report/50/snacks-market>). Najveći kanal prodaje snek proizvoda su svakako supermarketi, dok su drugi kanali prodaje mini prodavnice, trafike (engl. *convenience store*) i kupovina putem interneta (engl. *online*) (grafik 1).



**Grafik 1.** Kanali distribucije snek proizvoda u 2021. godini (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/snacks-market>)

Predviđa se da će tokom narednih godina doći do porasta udela *online* kupovine snek proizvoda, ali će *offline* kupovina, odnosno kupovina u marketima i prodavnicama, i dalje imati više od 90% udela na tržištu snek proizvoda (grafik 2).



**Grafik 2.** Predviđanje kretanja odnosa prodaje putem interneta i *offline* prodaje snek proizvoda (<https://www.statista.com/outlook/cmo/food/confectionery-snacks/snack-food/worldwide#revenue>)

Najveće tržište snek proizvoda trenutno pokriva azijsko-pacifička regija (engl. *Asia-Pacific* – APAC) (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/snack-food-market>), sa daljom tendencijom rasta.

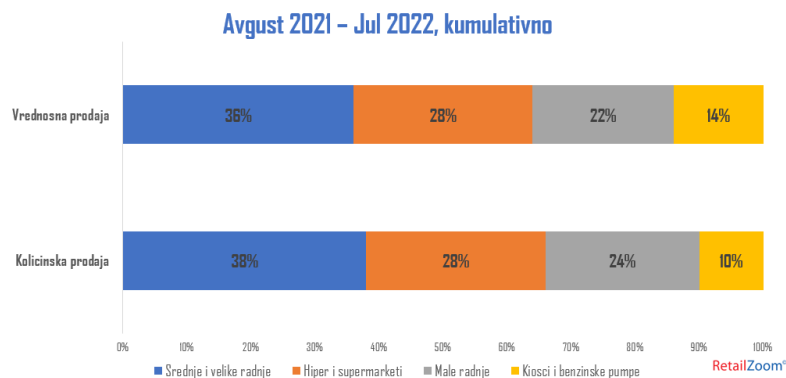
Neki od vodećih svetskih proizvođača snek proizvoda su: *General Mills Inc.*, *PepsiCo*, *The Kraft Heinz Company*, *Nestlé*, *The Kellogg Company*, *Danone*, *Mars Inc.*, *ITC Limited*. Najveći proizvođači snek proizvoda na tržištu Republike Srbije su: *Marbo*, *Štark*, *Banini* i *Pionir*.

Prema podacima koje je RetailZoom kompanija prikupila iz preko 4100 prodavnica, najveći kanal prodaje snek i musli barova, na teritoriji Srbije u periodu od jula 2021. do avgusta 2022. godine, i po količini i po vrednosti su srednje i velike radnje (grafik 3). U ovom periodu, najprodavanije je bilo pakovanje od 25g. Vodeći proizvođači, količinski posmatrano, u kategoriji snek i musli barova, su: *Candy Rush*, *Ferrero*, *Mars*, *Nestle*, *Štark* (rangirani po abecednom redu). (<https://www.instore.rs/hr/article/52620/retailzoom-retail-audit-rast-prodaje-snek-i-musli-barova>).

GfK, kompanija koja se bavi istraživanjem tržišta i navika potrošača, je objavila da su flips proizvodi u periodu od oktobra 2009. do kraja marta 2010. godine, zauzimali gotovo 1/3 tržišta „grickalice“ u Republici Srbiji. Termin „grickalice“ u ovom istraživanju obuhvatao je pored flips proizvoda i sledeće proizvode: čips, štapići, perece, krekeri, ribice, tortilje, sitna slana peciva, kikiriki, kokice, semenke itd. Količinsko učešće flips proizvoda u kategoriji „grickalice“ se povećalo od 20,7% u aprilu/maju 2009. do 23% u aprilu/maju 2010. Razmatrajući ukuse, najrasprostranjeniji su bili flips proizvodi sa ukusom kikirikija dok su drugo mesto zauzimali flips proizvodi sa ukusom sira. Tokom ovog perioda, zabeležen je



porast prodaje flips proizvoda sa ukusom pice od 0,6%. Najveći broj potrošača se opredelio za Smoki (*Štark*), zbog svoje tradicije postojanja na tržištu Republike Srbije, koji je čak vremenom postao i generičko ime za ceo segment flips proizvoda. Vodeći proizvođači flipsa na teritoriji Srbije, u period jun/jul 2009. zaključno sa periodom april/maj 2010. godine, poređani po abecednom redu, su bili: *Marbo*, *Mitrosrem*, *Slap Group*, *Swisslion&Takovo* i *Štark*, pri čemu su *Marbo* i *Štark* zajedno generisali 87% tržišta (<https://progressivemagazin.rs/online/slani-i-slatki-flipsi/>).



**Grafik 3.** Zastupljenost kanala prodaje snek i musli barova na teritoriji Republike Srbije (supermarketi i hipermarketi >300 m<sup>2</sup>, srednje i velike radnje - od 40 do 300 m<sup>2</sup>, male radnje <40 m<sup>2</sup>) (<https://www.instore.rs/hr/article/52620/retailzoom-retail-audit-rast-prodaje-snek-i-musli-barova>)

U zemljama zapadne kulture u poslednje vreme se gubi tradicionalni način ishrane koji je podrazumevao tri obroka dnevno na određenom mestu i u određeno vreme (Jastran i sar., 2009). Raste kultura ishrane „napolju“, odnosno van kuće (Orfanos i sar., 2007; Ribas-Barba i sar., 2007), i to ne samo podrazumevajući glavne obroke već i povećanu učestalost uživanja (Vandevijvere i sar., 2009).

U anketi sprovedenoj 2015. godine u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), čak dve trećine ispitanika je izjavilo da redovno konzumira snek proizvode između obroka (Sanz i sar., 2017). Kant i Graubard (2015) u svom radu ukazuju na pad unosa kalorija putem glavnih obroka (doručak, ručak i večera) u poslednjih 40 godina, dok raste unos kalorija putem konzumiranja međuobroka (užina), dok su neki istraživači pokazali da uživanje doprinosi čak 40% u dnevnom energetske unosu (Rangan i sar., 2008; Rangan i sar., 2009). U Srbiji je procenat stanovništva koji redovno ima tri glavna obroka 2000. godine bio 71,9%, dok je taj procenat 2006. godine iznosio svega 56,6%.

Snek proizvode redovno konzumiraju i deca i odrasli. Tako u SAD 27% dnevnog energetskeg unosa kod dece potiče od snek proizvoda, dok kod odraslih snek proizvodi čine 23% dnevnog energetskeg unosa (Hess i sar., 2016). Takođe, u Velikoj Britaniji 90% domaćinstava redovno konzumira čips proizvode kao deo ručka (Grasso, 2020). Istraživanja su pokazala da je snek proizvod prvi prehrambeni proizvod koji adolescent samostalno kupi (Brown i sar., 2000; Nicklaus i sar., 2004). Prema rezultatima koje su objavili

Fotiadou i Babajimopoulos (2006), 87% Grka između 20 i 50 godina redovno užina, od toga 51% ispitanika užina više od tri puta nedeljno. Namirnice koje su se našle kao najčešći izbor za užinu su bili čokolada/kolač/sladoled, pite i kafa, čineći čak 33,5% dnevnom energetskeg unosu. U Holandiji odrasla osoba u proseku u toku dana pojede oko 41 g kolača i 21 g slanih grickalica (van Rossum i sar., 2020). Zastupljenost snek proizvoda u ishrani je visoka i među decom u Portugaliji. Među ispitanicima, 73% je izjavilo da jede slane grickalice 1-4 nedeljno, dok 65% dece svakodnevno konzumira proizvode tipa kolač/čokolada/bombona (Lopez i sar., 2014). U istraživanju koje su objavili Llana i sar. (2018), ispitane su navike u ishrani kod albanskih studenata (18-24 godine), kod kuće i van nje. Pri konzumiranju hrane izvan kuće snek proizvodi su imali 17% u dnevnom unosu energije, dok je u slučaju ishrane kod kuće taj procenat iznosio 26,0%.

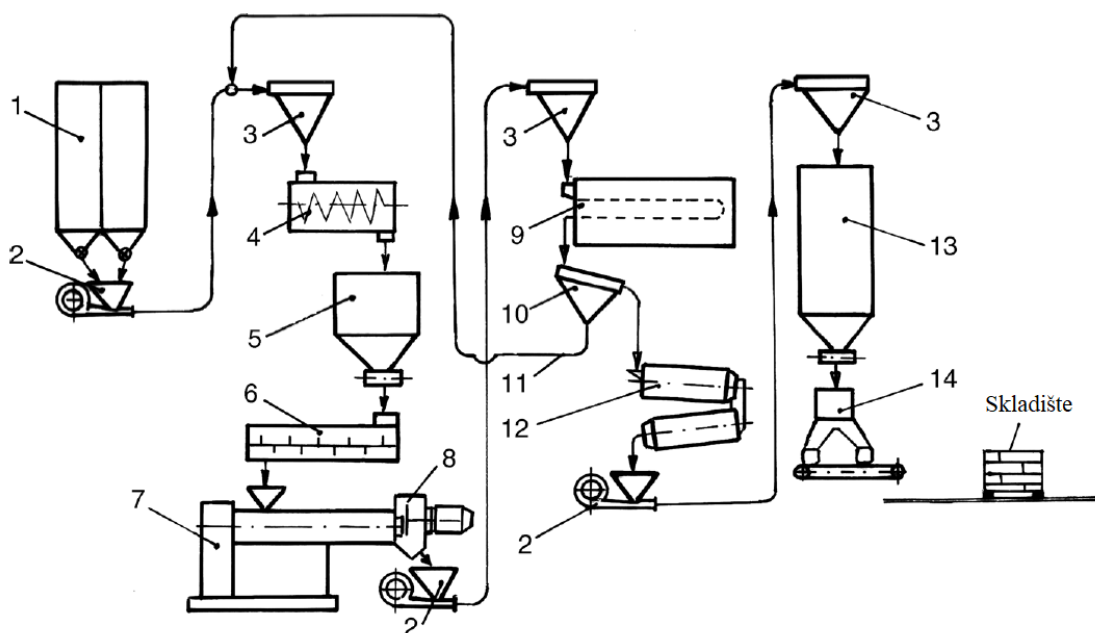
U studiji objavljenoj 2021. godine (Božić i sar., 2021) ispitanici su bili đaci nižih razreda u osnovnim školama u Republici Srbiji uzrasta između 6-9,99 godine. Najveći procenat dece (43,9%) konzumira slane grickalice 1-3 puta nedeljno, dok čak 12,4% njih konzumira svaki dan. Takođe, 41,2% ispitanika jede slatkiše 1-3 puta nedeljno, a 20,2% svaki dan (Božić i sar., 2021). Timić i sar. su 2020. godine objavili studiju, gde su ispitivali učestalost konzumiranja slanih snek proizvoda među đacima srednjih škola (uzrast od 14-19 godina) i među studentima (uzrast od 18-27 godina). Od 1313 ispitanika svi ispitanici su se izjasnili da konzumiraju slane snek proizvode, tzv. „grickalice“, pri čemu 90% ispitanika jede slane snek proizvode od više puta mesečno do više puta nedeljno, 7% ispitanika svaki dan, a 2,3% više puta dnevno. Veći broj ispitanika konzumira slane snek proizvode kod kuće.

Velika prednost snek proizvoda je svakako njihova dostupnost i jednostavnost upotrebe, odnosno nije potrebna nikakva priprema. U istraživanju sprovedenom među mladima između 18 i 24 godine u Australiji, pokazano je da posle ukusa najveći uticaj na izbor hrane ima upravo praktičnost (engl. *convenience*) prehrambenog artikla (Hebden i sar., 2015).

## 2.4 Proces proizvodnje ekstrudiranih snek proizvoda

Proces proizvodnje snek proizvoda (slika 3 i slika 4) se sastoji od sledećih koraka (Huber, 2001; Riaz, 2004):

- Usitnjavanje početnih sirovina na odgovarajućem mlinu i situ;
- Mešanje sirovina u odgovarajućem odnosu;
- Dodavanje vode i predkondicioniranje;
- Ekstrudiranje;
- Sušenje / pečenje / prženje / tostiranje;
- Formiranje arome;
- Hlađenje;
- Pakovanje.

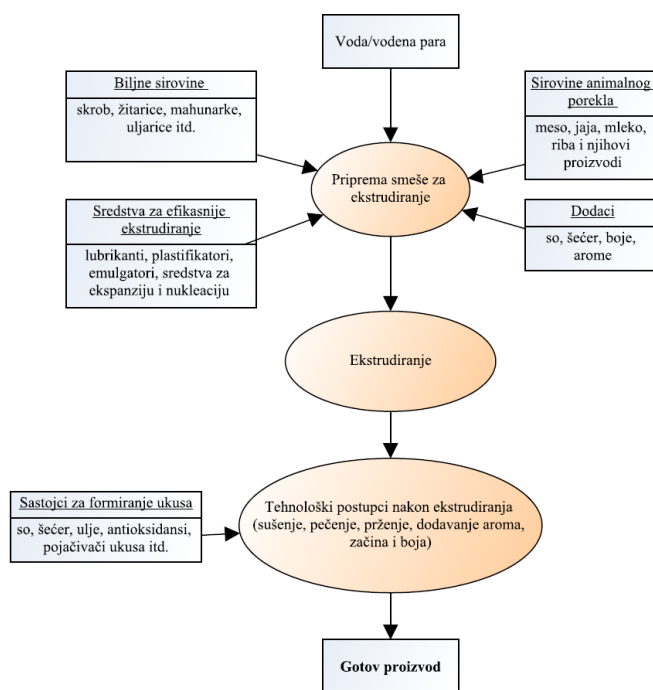


**Slika 3.** Šematski prikaz proizvodne linije za direktno ekspanovane snek proizvode (Moscicki i van Zuilichem, 2011): 1 - silos/tank sa sirovinama; 2 - pneumatski transporter/traka; 3 - kolektor; 4 - mešalica; 5- vaga; 6 - kondicioner; 7 - ekstruder; 8 - nož; 9 - sušilica; 10 - sito; 11 - povrat za reciklažu prašine; 12 - tumbler za nanošenje aroma/začina/ulja; 13 - silos/tank za prihvata gotovog proizvoda; 14 - mašina za pakovanje;

Veličina čestica u polaznoj smeši koja ulazi u ekstruder ne sme biti veća od  $\frac{1}{3}$  dijametra izlaza ekstrudera, pa je u pojedinim slučajevima neophodno usitniti polazne sirovine (Navale i sar., 2015). Takođe, veličina čestica utiče na teksturu proizvoda i osećaj u ustima, te se preferira da početna smeša ima nižu granulaciju. Nakon usitnjavanja se sirovine mešaju prema odgovarajućoj recepturi, i ukoliko je

potrebno dodaje im se voda/vodena para i smeša se po potrebi kondicionira. Pripremljena smeša zatim ide u ekstruder odakle izlaze direktno ekspanzirani proizvodi željenog oblika. Zavisno od željenih krajnjih karakteristika proizvoda, ekspanzirani proizvod se suši, u nekim slučajevima prži/peče/tostira, i potom prebacuje u tumbler za dodavanje začina (engl. *coating tumbler*) (Huber, 2001). U slučaju kada se proizvod nakon ekstrudiranja prži, u tumbleru se začini samo raspršuju, jer je površina proizvoda, zbog prženja, prekrivena uljem. Ako se proizvod nakon ekstrudiranja suši, da bi se dodali začini neophodno je dodati nosač/komponentu koja će omogućiti da se začini/arome vežu za površinu ekstrudata. U većini slučajeva to je ulje, mada postoji mogućnost i da se upotrebi voda, voda sa dodatim šećerom i hidrokoloidi. U ovom slučaju nanošenje nosača i začina/aroma se izvodi ili odvojeno, prvo nosač pa zatim začini/arome (engl. *wet and dry (two stage) seasoning*), i uglavnom su u tumbleru odvojene zone nanošenja ulja i aroma/začina; ili se pravi suspenzija nosača i začina (engl. *slurry seasoning*), te se oni nanose istovremeno. *Slurry seasoning* se uglavnom primenjuje kod proizvoda sa veoma suvom površinom poput pereca i kokica (Barringer, 2006).

Svi navedeni koraci, sem koraka ekstrudiranja mogu se izostaviti iz procesa proizvodnje nek proizvoda, tj. opcioni su, i da li će biti sastavni deo procesa proizvodnje zavisi od osobina polaznih sirovina kao i željenih karakteristika krajnjeg proizvoda.



**Slika 4.** Šematski prikaz procesa proizvodnje direktno ekspanziranih snek proizvoda i materijala koje učestvuju u njemu (Bhattacharya, 2012)

## 2.5 Ekstrudiranje

Ekstrudiranje je postupak koji podrazumeva operaciju mešanja, kuvanja, gnječenja, smicanja, oblikovanja, formiranja i/ili espaniranja materijala. U uređaju za izvođenje operacije ekstrudiranja (ekstruderu) se početna smeša izlaže termičkim i mehaničkim procesima, te iz njega izlazi kompaktn finalni proizvod (Singh, 2014).

Proces ekstrudiranja se prvi put pominje sredinom osamnaestog veka, kada se koristio za proizvodnju sapuna, a primenu u prehrambenoj tehnologiji je pronašao tek početkom devetnaestog veka. Ekstrudiranje je upotrebljeno u industriji snek proizvoda 1930. godine za proizvodnju flipsa od kukuruza (Riaz, 2000). Tehnologija ekstrudiranja se danas upotrebljava za proizvodnju brojnih prehrambenih proizvoda: testenina, cerealija/pahuljica za doručak, prezli, biskvita, krekeri, hrane za bebe, snek proizvoda, konditorskih proizvoda, modifikovanih skrobova, hrane za životinje, dehidriranih supa i suvih smeša za pripremu alkoholnih pića (Panak i sar., 2017).

Principijelna prednost ekstrudiranja nad tradicionalnim metodama proizvodnje hrane ogleda se prvenstveno u znatno široj primenljivosti i prilagodljivosti. Minimalne promene u sastojcima i uslovima rada uređaja rezultuju proizvodima različitih karakteristika. Takođe, pri ekstrudiranju se dobijaju veoma male količine sporednog proizvoda što je važno sa aspekta zaštite životne sredine i regulacije prerade otpadnih materija. Prostor potreban za obavljanje svih operacija proizvodnje je znatno manji, nego kod tradicionalnih sistema za termičku obradu, a ceo proces može biti automatizovan. Takođe, manji su i troškovi eksploatacije uređaja. Rezultati koji se dobijaju u laboratorijskim uslovima i pilot postrojenjima lako se prenose u industrijske uslove proizvodnje, čime je proces pokretanja proizvodne linije u fabrikama pojednostavljen (Riaz, 2007). Takođe, prednosti ekstrudiranja se ogledaju i u želatinizaciji skroba, razgradnji antinutrijenata, povećanju sadržaja rastvorljivih prehrambenih vlakana i zadržavanju prirodne boje i ukusa proizvoda (Nikmaram i sar., 2015). S obzirom da se pri ekstrudiranju razaraju ili inaktiviraju mikroorganizmi i oksidativni enzimi, produžava se održivost proizvoda (Navale i sar., 2015).

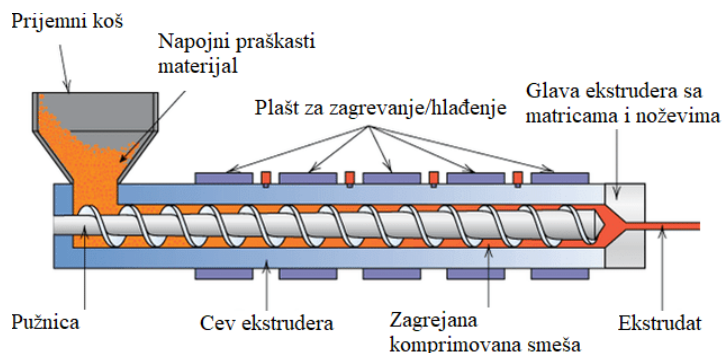
### 2.5.1 Ekstruderi

Osnovni delovi ekstrudera su: prijemni/usipni koš, prekondicioner/kondicioner (opciono), cev ekstrudera u kojoj se nalazi puž/pužnica i sklop matrica i noževa (slika 5).

Prijemni ili usipni koš obezbeđuje kontinualni dotok materijala u ekstruder (Riaz, 2000).

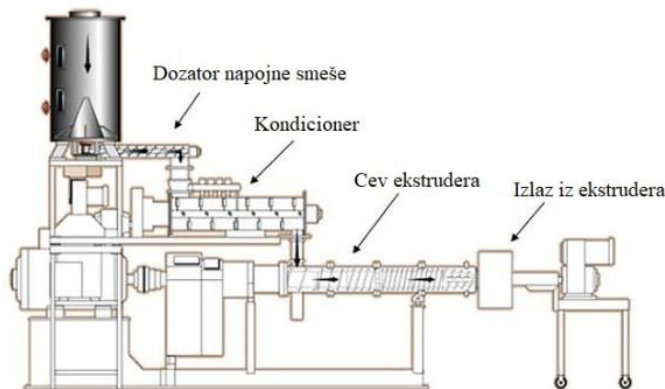
Prekondicioner/kondicioner (slika 6) je obično smešten između puža za punjenje ekstrudera i cevi ekstrudera. U prekondicioneru se sirovina u praškastom stanju istovremeno vlaži do željenog sadržaja vlage, greje i meša određeno vreme (Gray i Chinnaswamy, 1995; Riaz, 2000). Prekondicioniranje produžava vreme zadržavanja materijala u ekstruderu i povećava kapacitet ekstrudera, dok u isto vreme

smanjuje potrošnju mehaničke energije, tj. povećava efikasnost ekstrudera, a utiče da finalni proizvod ima bolje karakteristike od proizvoda koji je dobijen bez upotrebe kondicionera (Gray i Chinnaswamy, 1995).



**Slika 5.** Osnovni delovi ekstrudera (Bacalhau i sar., 2017)

Ceva ekstrudera se sastoji od pužnice/a, omotača (košuljice) i glave ekstrudera sa matricama i noževima. Odnos dužine i prečnika cevi ekstrudera, kao i dizajn pojedinačnih elementa može značajno da varira u zavisnosti od vrste ekstrudera i željenog proizvoda.



**Slika 6.** Konstrukcija ekstrudera sa kondicionerom (Ek i Ganjyal, 2020)

Na osnovu toga da li se koristi jedan ili dva puža, postoje jednopužni i dvopužni ekstruderi. Jednopužni ekstruderi su jeftiniji i jednostavniji za korišćenje, ali su njihove procesne funkcije ograničene, pogotovo kada se radi o kompleksnim formulacijama, koje zahtevaju visok stepen mešanja ili kada je neohodno da se uspostavi bolja kontrola procesa i visok kvalitet proizvoda (Bouvier, 2010). Dvopužni ekstruderi su kompleksnije i skuplje mašine ali pružaju mogućnost prerade najrazličitijih sirovina, uključujući i jako viskozne i tvrde materijale, sa niskom potrošnjom energije (Moscicki i van Zuilichem, 2011). Pužnica

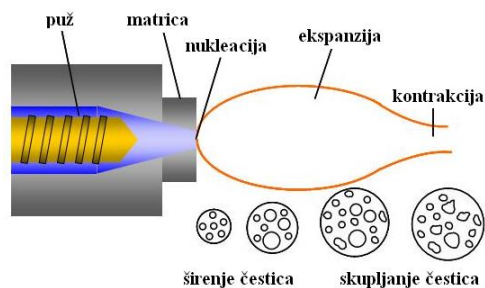
ekstrudera se sastoji od više segmenata različitih oblika, odnosno različite konstrukcije, koraka i visine navoja, kao i specijalnih elemenata za gnječenje i mešanje. Slaganje različitih elemenata/segmenata rezultuje različitim konfiguracijama pužnice, koje potom direktno utiču na mehaničke i termičke promene kojima se podvrgava materijal u cevi ekstrudera, a samim tim i na finalni proizvod. Nivo smicanja materijala, količina unosa mehaničke energije i vreme zadržavanja materijala u cevi su u direktnoj vezi sa konfiguracijom pužnice (Banjac, 2018).

Sklop matrica i noževa ima ulogu u formiranju dužine i oblika proizvoda (Riaz, 2000). Pored formiranja oblika proizvoda, matrica pravi i otpor koji puž ekstrudera mora da savlada prilikom istiskivanja materijala. Konstrukcija matrice treba da bude takva da promoviše popunjavanje cevi ekstrudera napojnim materijalom, produžava vreme zadržavanja materijala i povećava prenos energije na ekstrudirani materijal u cevi (Huber, 2000). Promenom matrice i veličine otvora, može da se utiče na pritisak na matrici i samim tim na ekspanziju proizvoda (Banjac, 2018).

### 2.5.2 Princip rada ekstrudera

U cevi ekstrudera se razlikuju četiri zone: zona transporta/punjenja, zona mešanja, zona kuvanja i zona visokog pritiska/zona formiranja (Gray i Chinnaswamy, 1995). U zoni transporta materijal je male gustine, zbog granularnih svojstava i zbog prisustva mehurića vazduha. U ovoj zoni se najčešće dodaje voda ili para kako bi se poboljšala tekstura materijala i obezbedilo dobro prenošenje toplote (Riaz, 2007). U zoni mešanja, materijal se dalje sabija zbog konstrukcije segmenata pužnice. Materijal počinje da gubi svoju granularnu strukturu, povećava mu se gustina i poprima testastu strukturu, koja je najizraženija na kraju ove zone (Riaz, 2000). Najveće promene materijala se dešavaju u zoni kuvanja, zbog intenzivnog povećanja pritiska i temperature. Karakteristike materijala u ovom delu cevi će se direktno odraziti na osobine finalnog proizvoda. Zatim, sledi zona za formiranje proizvoda, a potom proizvod izlazi iz ekstrudera. Proizvod izlazi kroz jedan ili više otvora (matrica) koji mu daju oblik, a dužina proizvoda se određuje brojem noževa i njihovom brzinom okretanja (Gray i Chinnaswamy, 1995; Riaz, 2000).

Princip rada ekstrudera pri proizvodnji direktno ekspandiranih proizvoda se zasniva na potiskivanju smeše pri visokoj temperaturi i visokom pritisku, koji onemogućava isparavanje vode iz materijala u cevi ekstrudera. Potiskivanjem kroz otvor i izlaskom iz polja visokog pritiska u polje atmosferskog pritiska, voda iz smeše naglo počinje da isparava, usled čega dolazi do širenja materijala. Materijal se dalje hladi, očvršćava i delimično skuplja (Riaz, 2007) (slika 7). Naglo isparavanje vlage (engl. *flashing off moisture*) iz testa pri izlasku iz ekstrudera, pri izjednačavanju pritiska, jeste proces odgovoran za dobijanje ekspaniranog proizvoda sa brojnim porama vazduha (Brennan i sar., 2013).



**Slika 7.** Formiranje ekstrudata ([https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-extrudate-expansion-Nowjee-2004\\_fig4\\_260869068](https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-extrudate-expansion-Nowjee-2004_fig4_260869068))

### 2.5.3 Uticaj ekstrudiranja na hemijske komponente

U toku ekstrudiranja pod uticajem visoke temperature i vlage, kidaju se vodonične veze unutar molekula skroba, vezuju se molekuli vode i skrobne granule želatiniziraju. U uslovima viška sadržaja vode prvo se kidaju vodonične veze u manje uređenim amorfnim delovima skroba i molekuli vode se vezuju za slobodne hidroksilne grupe. Rezultat ovog procesa jeste bubrenje molekula skroba i dalje otvaranje/razaranje njegove strukture. Narušavanje kristalne strukture molekula skroba, koje se potom odigrava, je ireverzibilan proces (Navale i sar., 2015). Tokom želatinizacije, makromolekuli skroba (amiloza i amilopektin) se ireverzibilno konvertuju u molekule nižih molekulskih masa. Prednosti želatiniziranog skroba su: povećana apsorpcija vode, ubrzana konverzija u prostije šećere usled bolje pokretljivosti amilaze unutar molekula skroba i veoma izražena sposobnost da se komponente uniformno sjedinjene, te se dobija proizvod ujednačene strukture. Istraživanja su pokazala da se osim želatinizacije skroba, tokom ekstrudiranja, postiže i povećanje rastvorljivosti skroba u vodi, što povećava svarljivost skroba (Tothi i sar., 2003). Želatiniziran skrob je upravo komponenta koja ekspandira pri izlasku iz zone visokog pritiska, tako da prisustvo skroba u smeši sirovog materijala pruža potencijal za proizvodnju ekspandiranih proizvoda. Pri smanjenom sadržaju vode, visokoj temperaturi i visokoj sili smicanja može doći i do dekstrinizacije skroba. Dekstrinizacija skroba je proces dekomponovanja skroba na molekule dekstrina, pri čemu opada viskoznost materijala u cevi ekstrudera (Riaz, 2000).

Usled procesa ekstrudiranja odvija se denaturacija proteina, zbog koje su proteini dostupniji proteazama, te im raste biološka vrednost (Filipović i Sakač, 2013). U toku ekstrudiranja, proteini se kidaju i gube svoju kvaternu, tercijarnu i sekundarnu strukturu, što direktno utiče na njihove fizičko-hemijske osobine. Pokazano je da se pri povećanju sadržaja vlage materijala koji se ekstrudira, smanjuje frakcija proteina rastvornih u vodi i alkoholu, dok se povećava frakcija nerastvornih proteina (Racicot i sar., 1981). Alonso i sar. (2000) su dokazali da proces ekstrudiranja povećava svarljivost proteina i skroba, poredeći ekstrudiranu krupicu graška i neekstrudirano brašno, a prema FAO/WHO/UNU (2002) svarljivost



se smatra najznačajnijim faktorom kvaliteta proteina. Usled gubitka kvaternerne strukture, neki nepoželjni enzimi gube svoje funkcije. Drugim rečima, u toku ekstrudiranja uništavaju se: ureaze (skraćuju period održivosti proizvoda), lipooksigenaze (pospešuju oksidaciju masti koja za rezultat ima nepoželjan ukus proizvoda) i inhibitori tripsina (smanjuju svarljivost proteina).

Tokom ekstruiranja, ponekad može doći do odigravanja neenzimskih reakcija koje utiču na boju proizvoda, menjajući je ka braon tonu. U ove reakcije ubrajaju se karamelizacija i Majlardova reakcija. Karamelizacija predstavlja pirolizu šećera nakon koje sledi reakcija polimerizacije pri čemu se grade pigmenti karamelan, karamelen i karamelin (Villamiel i sar., 2006). Tokom karamelizacije formiraju se i isparljiva jedinjenja odgovorna za karakterističan karamel miris (Hejna i sar., 2021). Proces karamelizacije se odigrava na mono- i di-saharidima kojih ima malo u PT-u, jer većina njih je otklonjena tokom procesa ukomljavanja ječma (engl. *mashing*). Tokom ekstrudiranja saharidi nižih molekulskih masa mogu nastati kao posledica delovanja povišene temperature (pri čemu fruktoza nastaje na temperaturi oko 110 °C, a ostali na temperaturama višim od 160 °C) i sile smicanja zbog kidanja glikozidnih veza (Mussato i sar., 2006; Ott, 1964). Majlardova reakcija predstavlja reakciju između amino grupa aminokiselina i karbonilnih grupa redukujućih šećera i odigrava se na nižim temperaturama od reakcije karamelizacije. Majlardove reakcije se odigravaju pri niskom sadržaju vlage i visokoj temperature, kao i pri visokom sadržaju slobodnih šećera (Filipović i Sakač, 2013). Proizvodi ove reakcije često imaju veliki uticaj na boju i aromu proizvoda (Maillard, 1912). Molekuli odgovorni za promenu boje su melanoidi, koji su takođe poznati i po svojoj antioksidativnoj prirodi te produžavaju rok trajanja proizvoda (Pastoriza i Rufian-Henares, 2014). Veći sadržaj vlage ima efekat lubrikanta i tako snižava silu smicanja u ekstruderu i temperaturu čime se umanjuje stepen dekstrinizacije skroba. Usled toga, smanjuje se koncentracija redukujućih šećera u smeši, pa tako i verovatnoća odigravanja Maillardove reakcije, što rezultuje povećanom retencijom lizina u proizvodu. Takođe, pokazano je da povećanje brzine rotacije puža (80 - 140 o/min) i smanjenje dijametra cevi (10-6 mm) pospešuje zadržavanje lizina. Iako porast brzine rotacije puža povećava silu smicanja u ekstruderu, smanjuje se gubitak lizina jer se smanjuje vreme u toku koga je smeša izložena visokoj temperaturi (Cuj-Laines i sar., 2018).

Masti i ulja se ponašaju kao lubrikanti tokom ekstrudiranja, pri čemu se oni bitno ne menjaju. Usled prisustva lipida, tj. usled nedovoljno razvijenog pritiska tokom ekstrudiranja smanjuje se ekspanzija proizvoda. Štaviše, veoma je teško i izazovno ekstrudirati smeše koje sadrže više od 10% masti, jer visok udeo masti smanjuje silu trenja u ekstruderu (Camire, 2012). Sa druge strane, pokazano je da manje količine lipida (<5%) olakšavaju ekstrudiranje i poboljšavaju teksturu (Filipović i Sakač, 2013). Prema navodima Harper-a (2000) dodatak lipida u količinama manjim od 3% ima veoma mali uticaj na ekspanziju ekstrudata, dok sadržaji masti preko 5% imaju izrazito negativan uticaj na ekspanziju. Takođe, prilikom ekstrudiranja dolazi do stvaranja kompleksa između lipida i ugljenih hidrata, kao i između lipida

i proteina (Riaz, 2000). Kompleksi nastali vezivanjem lipida i skroba su manje podložni oksidaciji (Camire, 2012).

Nakon ekstrudiranja može doći do statistički značajnog smanjenja ili povećanja sadržaja ukupnih vlakana u proizvodu. Redukcija ukupnih prehrambenih vlakana nakon ekstrudiranja može biti povezana sa povećanjem količine rastvorljivih vlakana malih molekulskih masa, koja se ne talože alkoholom, te se ne mogu detektovati standardnom metodom. Takođe, rezistentni skrob se tokom ekstrudiranja može prevesti u svarljivi skrob i tako uticati na ukupnu količinu vlakana (Robin i sar., 2012). U eksperimentu, koji su izveli Korkerd i sar. (2016), sadržaj ukupnih vlakana je opao nakon ekstrudiranja. Pretpostavlja se da je ovo posledica konverzije nerastvorljivih vlakana u rastvorljive koji se potom degradiraju usled prisustva vlage i visoke temperature. Kidaju se nekovalentne i kovalentne veze između vlakana i drugih molekula, kao i glikozidne veze unutar vlakana i tako raste rastvorljivost vlakana. Stepenn degradacije vlakana je u vezi sa intenzitetom sile smicanja unutar ekstrudera (Offiah i sar., 2018), a Ralet i sar. (1990) tvrde da mehanički stres ima veći uticaj na prevođenje nerastvorljivih u rastvorljiva vlakna nego temperatura. Sa druge strane, pokazano je da sadržaj ukupnih vlakana ekstrudiranih proizvoda raste sa povećanjem temperature (sa 140°C do 180°C) i brzine rotacije puža (sa 120 rpm do 180 rpm), ali da sa daljim povećanjem opada. Povećanje sadržaja ukupnih vlakana može biti prouzrokovano formiranjem rezistentnog skroba u toku procesa ekstrudiranja ili formiranjem kovalentnih veza između makronutrijenata, pri čemu nastaju nerastvorne i nesvarljive (amilazom ili preoteazom) komponente, kao i formiranjem produkata Majlardove reakcije (Makowska i sar., 2013; Robin i sar., 2012). S obzirom da visok sadržaj vlakana negativno utiče na ekspanziju proizvoda, potrebno je dosta napora kako bi se definisala optimalna količina prehrambenih vlakana koja se može inkorporirati u direktno ekspanzirane snek proizvode.

Vitamini rastvorljivi u mastima (A, D, E i K) znatno su otporniji na termički tretman tokom ekstrudiranja nego vitamini rastvorljivi u vodi (C i B). Zbog kratkog vremena proizvodnje ne uništavaju se u potpunosti sve termolabilne komponente (Fellows, 2000).

U toku ekstrudiranja uništavaju se neki antinutrijenti, toksini i alergeni (Anton i sar., 2009; Camire, 2011; Čolović i sar., 2019; Nikmaram, 2017; Zheng i sar., 2020).

## 2.6 Nutritivno unapređeni snek proizvodi

Komercijalne snek proizvode u većini slučajeva karakteriše nizak nutritivni kvalitet. Drugim rečima, ovi proizvodi se uglavnom odlikuju visokim sadržajem ugljenih hidrata i masti, a niskim udelom dijetetskih vlakana (tabela 1), odnosno pripadaju namirnicama sa visokim glikemijskim indeksom, za koje je poznato da su glavni uzročnici gojaznosti i dijabetesa tip 2 kod dece (Brennan i sar., 2013; Omwamba i Mahungu, 2014). Takođe, popularni snek proizvodi poput čipsa, flips proizvoda, krepera itd. ne sadrže sve

esencijalne aminokiseline, te imaju nižu proteinsku i biološku vrednost (Devi i sar., 2013; Jumpretz i sar., 2013). Snek proizvodi su, zbog svoje teksture (pre svega hrskavosti) i različitih ukusa, posebno primamljivi deci koja ih svakodnevno konzumiraju u školama, bioskopima, na izletima. Stoga je neophodno unaprediti nutritivni kvalitet snek proizvoda smanjenjem sadržaja masti, povećanjem sadržaja proteina veće biološke vrednosti, vlakana i minerala. U pogledu fiziološke funkcije nutritivno unapređeni snek proizvodi treba da doprinesu prebiotskom potencijalu, povećanoj brzini i količini gastričnog pražnjenja, kao i povećanom osećaju sitosti i sniženom glikemijskom indeksu (Poutanen i sar., 2014). Ovakvi novodizajnirani snek proizvodi mogli bi da se svrstaju u funkcionalnu hranu i imaju mogućnost da doprinesu poboljšanju zdravlja ljudi, i smanjenju troškova zdravstvene zaštite dece i odraslih.

**Tabela 1.** Pregled nutritivnih vrednosti komercijalnih snek proizvoda na tržištu Republike Srbije preuzetih sa deklaracije proizvoda

Komercijalni snek proizvodi na tržištu Republike Srbije		Masti (%)	Zasićene masti (%)	Ugljeni hidrati (%)	Šećeri (%)	Vlakana (%)	Proteini (%)	So (%)
Čips proizvodi	Chipsy Classic	34	15	48	0,7	4,6	7,1	1,5
	Čačanski chips	33	15	51	7,1	4,7	6,3	1,7
Flips proizvodi	Smoki	29	10	50	1,8	4	13	2,2
	Clipsy sir	34	3,2	54	4,5	2,6	6,5	2,7
	Clipsy hot dog	32,7	15,3	53,6	2,5	1,7	5,2	2,1
	Čarobnjaci sir	28	5,6	60	1	/	6,3	2,1
	Čarobnjaci pizza	28	5,6	60	1	/	6,3	2,1
Proizvodi na bazi peleta	Biogric Chili	28,6	8	51,1	1,5	6,1	7,7	2,7
	Biogric kikiriki	34	11,3	42,9	1,1	4,6	7,4	2,5
Slano pecivo / Slani krekeri	Trik štapići	15	7,0	63	3,5	3,2	11	3,0
	Ribice Pardon	20,3	8	61,2	4,9	2,4	10	2,6
	Perece Pardon	13,8	6,6	67,8	3,6	2,4	8,2	3,4

U cilju razvoja snek proizvoda poboljšanog nutritivnog sastava sve više se istražuje upotreba netipičnih (alternativnih) sirovina bogatih proteinima, dijetetskim vlaknima, vitaminima, polifenolima i dr. (Jangchud i sar., 2018; Obradović i sar., 2014; Rhee i sar., 1999). Radi povećanja sadržaja proteina, mnogi autori su pribegli mogućnosti dodatka animalnih proizvoda, koji se odlikuju prisustvom svih esencijalnih aminokiselina. Od animalnih sirovina najčešće se koristi mehanički separisano meso, proteini mleka i surutke, zatim se upotrebljava i meso izlučenih koka nosilja, delimično obezmašćena govedina (eng. *partially defatted beef* – PDB) itd. (Alavi i sar., 1999; Cakmak i sar., 2016; Cho i Rizvi, 2010; Lee i sar., 2003; Ray i sar., 1996; Rhee i sar., 1999; Verma i sar., 2014). Neki istraživači su otišli i korak dalje, te su izvore proteina i drugih funkcionalnih jedinjenja našli u insektima (Ala mi sar., 2019; Azzollini i

sar., 2018; Borges i sar., 2022; Inaki i sar., 2022). Iako na našem podneblju ideja o konzumiranju insekata ne deluje primamljivo, u drugim krajevima sveta, poput jugoistočne Azije, insekti su sastavni deo trpeze. U SAD-u su veoma popularni snek proizvodi od mesa, poput sušene govedine (engl. *beef jerky*), štapića od mesa (engl. *meat sticks*), štanglica sa mesom ili proteinima mesa (slika 12). Prema istraživanju iz 2014. godine, snek proizvodi od mesa su bili čak treći najčešće konzumirani slani snek proizvodi na teritoriji SAD-a. Takođe, ovi proizvodi postaju sve popularniji i na afričkom kontinentu i na Srednjem Istoku, gde je zabeležili rast potrošnje od 25% (Sanz i sar., 2017). Sa druge strane, Evropljani su još uvek okrenuti tradicionalnim proizvodima od mesa, te se snek proizvodi od mesa i snek proizvodi koji sadrže meso ili proteine mesa tek u skorije vreme probijaju na evropsko tržište.



**Slika 8.** Snek proizvodi od mesa i snek proizvodi koji sadrže meso ili proteine mesa

Pored sirovina animalnog porekla, veliki broj istraživanja bavi se inkorporacijom sirovina biljnog porekla u snek proizvode. Mnogi istraživači pokazuju interesovanje za alternativne sirovine biljnog porekla zbog njihove niske cene i povoljnog nutritivnog kvaliteta. Biljne sirovine koje se dosta eksploatišu kao potencijalne komponente u proizvodnji snek proizvoda su soja, izolat graška, kora paradajza, kora jabuke, meso bundeve, pivski trop itd. Često se od biljnih sirovina koriste i sporedni proizvodi nastali preradom voća, povrća, žitarica i uljarica. Valorizacija sporednih proizvoda prehrambene industrije ima veoma povoljan uticaj na ekosistem naše planete, a proizvodi u čiji sastav ulaze ove sirovine se nazivaju „održiva hrana“ (engl. *sustainable food*) (Ainsworth i sar. 2007; Jangchud i sar., 2018; Ktenioudaki i sar., 2012; Obradović i sar., 2014; Paraman i sar., 2012; Paraman i sar., 2015; Stojceska i sar., 2008; Yağcı i Göğüş, 2008). Snek proizvodi obogaćeni nutritivno vrednim biljnim sirovinama najviše su zastupljeni u zemljama jugoistočne Azije. Takođe, neki autori ispituju mogućnost inkorporiranja mikroalgi u snek proizvode kako bi se dobio funkcionalni proizvod (Joshi i sar., 2014; Lucas i sar., 2018).

## 2.7 Izazovi kreiranja nutritivno unapređenog snek proizvoda

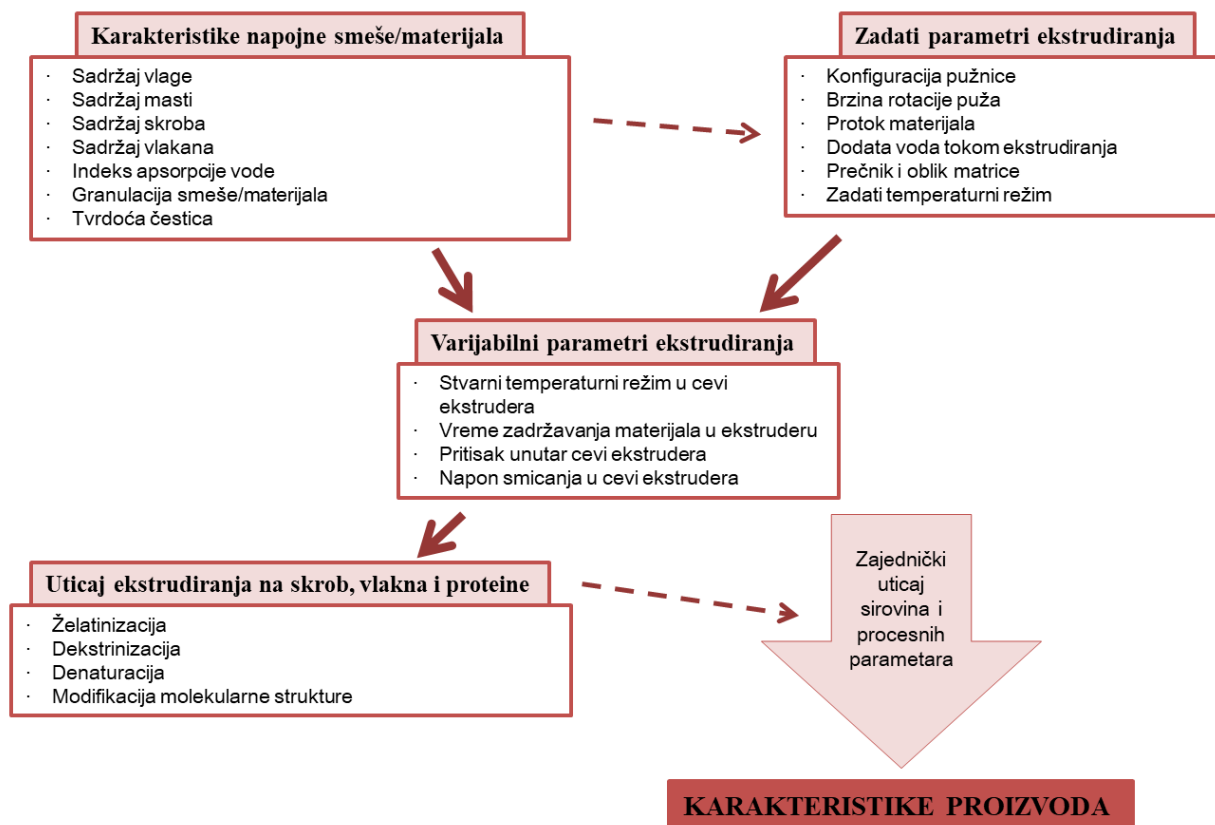
Uvođenje novih sirovina, bogatih proteinima, vlaknima, mineralima itd. u sastav ekstrudiranih proizvoda, pored benefita u pogledu nutritivnog kvaliteta, često ima negativan uticaj na senzorske osobine proizvoda. Svaki novi sastojak u manjoj ili većoj meri menja originalni ukus i miris proizvoda, te dobijeni proizvod u pogledu senzorskih svojstava odstupa od komercijalnih snek proizvoda dostupnih na tržištu, na koje su potrošači navikli. Takođe, neke sirovine zbog svoje intenzivne boje menjaju i boju finalnih proizvoda, zbog čega ovakvi proizvodi mogu biti manje privlačni potrošačima.

Posle ukusa, za potrošače najbitnija senzorska karakteristika snek proizvoda jeste tekstura. Drugim rečima, kvalitet ekstrudiranih snek proizvoda u mnogome zavisi od hrskavosti i tvrdoće, koje su u direktnoj vezi sa osnovnim fizičkim osobinama (dimenzijama proizvoda) i mikrostrukturom ekstrudata (Anton i sar. 2008; Philipp i sar. 2017). Generalno, dodatak sirovina bogatih proteinima i vlaknima ima negativan uticaj na fizičke karakteristike proizvoda. Različiti autori su pokazali da povećanje sadržaja proteina i vlakana smanjuje stepen ekspanzije i povećava nasipnu masu (Basilio-Atencio i sar. 2020; Beck i sar. 2018; Brennan i sar. 2008; Korkerd i sar. 2016; Philipp i sar. 2017; Téllez-Morales i sar. 2020). Takođe, uvođenje sirovina koje sadrže masti smanjuje silu smicanja u ekstruderu pa se na kraju ekstrudera pravi manji pritisak, što rezultuje manjom ekspanzijom proizvoda (Ilo i sar. 2000; Moraru i Kokini, 2003, Navale i sar. 2015).

Tekstura i osnovne fizičke karakteristike ekstrudata takođe zavise i od uslova proizvodnje. Različiti autori su proučavali uticaj različitih temperatura ekstrudiranja, brzina protoka materija (engl. *feed rate*), ali prema Neder-Suarez i sar. (2021) brzina rotacije puža ima najveći uticaj na osnovne fizičke i teksturalne osobine ekstrudata. Veće brzine rotacije puža uzrokuju povećanje ekspanzije i smanjenje tvrdoće ekstrudata (Félix-Medina i sar. 2020; Neder-Suárez i sar. 2021; Philipp i sar. 2018). Takođe, sadržaj vlage napojne smeše jeste veoma bitan parametar u toku ekstrudiranja i od njega u mnogome zavisi ekspanzija ekstrudata, pa posledično i tekstura. Vlaga napojne smeše zavisi od vlage ulaznih sirovina, a takođe može i da se poveća pre ili tokom ekstrudiranja dodavanjem vode. Povećanje sadržaja vlage napojne smeše vodi ka smanjenju ekspanzije, tj. ima negativan uticaj na osnovne fizičke i teksturalne karakteristike krajnjeg proizvoda (Chaiyakul i sar. 2009; Jabeen i sar. 2018; Oliveira i sar. 2017; Thymi i sar. 2005). Sa druge strane, različite sirovine i različiti ekstruderi imaju minimum vlage koji je neophodan da bi proces ekstrudiranja mogao da se izvede, odnosno da ne bi materijal „zagoreo“ u ekstruderu.

Kako bi se dobio proizvod željenih karakteristika neophodno je pronaći optimalnu formulaciju proizvoda i za tu formulaciju optimalne uslove proizvodnje. Kreiranje snek proizvoda unapređenog nutritivnog kvaliteta i senzorski prihvatljivog za sve populacione kategorije predstavlja veliki izazov. Međusobni

uticaj sastava smeše i parametara ekstrudiranja i zajednički uticaj na karakteristike proizvoda prikazan je na slici 9.



**Slika 9.** Potencijalna interakcija napojne smeše i parametara ekstrudiranja na karakteristike proizvoda (Brennan i sar., 2013)

## 2.8 Izabrane alternativne sirovine za unapređenje nutritivne vrednosti snek proizvoda

### 2.8.1 Mehanički separisano meso

Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa („Sl. glasnik RS“, br. 50/2019 i 34/2023) definiše mehanički separisano meso (MSM) kao „proizvod dobijen odvajanjem mesa sa kostiju na kojima je to meso ostalo posle otkoštavanja trupa ili sa trupa živine, upotrebom mehaničkih sredstava, što ima za rezultat gubitak ili modifikaciju strukture mišićnih vlakana“. U toku procesa kosti se drobe pod visokim pritiskom, a zaostali delovi mesa, koji pod ovakvim uslovima poprimaju plastični

oblik, se istiskuju kroz otvore. Iz kostiju se oslobađa koštana srž, te se i ona istiskuje zajedno sa mesom (Rede i Petrović, 1997). U daljem tekstu, termin MSM se odnosi na mehanički separisano meso pilića (slika 10).



**Slika 10.** Mehanički separisano pileće meso (<http://www.gausepohl-fleisch.de/en/product-catalog/chicken.html>)

Sastav MSM-a može da varira, u zavisnosti od dela trupa koji je podvrgnut mehaničkom tretmanu, kao i od udela kože i masnog tkiva. Udeo proteina od 14,27% za MSM sa leđnog dela i 18,10% za MSM sa grudi su podaci koje su objavili Henckel i sar. (2004). Sa druge strane, Negrao i sar. (2005) su za MSM od torzalnog i vratnog dela sa kožom, prijavili udeo proteina od 11,0%.

Animalni proteini se odlikuju boljom svarljivošću, imaju bolju neto iskorišćenost proteina (engl. *net protein utilization*), višu biološku vrednost i svarljivost proteina baziranu na sastavu aminokiselina (engl. *protein digestibility corrected amino acid score* - PDCAAS) od proteina biljnog porekla (Berrazaga i sar., 2019). Aminokiselinski sastav proteina mesa se razlikuje zavisno od vrste životinje, načina uzgoja, starosti i anatomske regije trupa porekla mesa. Dokazano je da se udeo arginina, valina, metionina, izoleucina i fenilalanina u mesu povećava sa starošću životinje (Lawrie i Ledward 2006). U tabeli 2. se može videti udeo esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina u različitim uzorcima mehanički separisanog mesa (Babji i sar. 1980; MacNeil i sar. 1978). Babji i sar. (1980) su analizirali aminokiselinski sastav uzorka MSM-a dobijenog od vrata i leđa sa pripadajućom kožom. Metionin + cistein i triptofan su bili zastupljeni u najmanjoj količini. Dalje, u tabeli 2. su prikazani rezultati aminokiselinskog sastava tri vrste MSM uzoraka, dobijenih od vrata pilića bez kože, leđa i njihove kombinacije (MacNeil i sar., 1978). U tabeli 2. nema podataka o udelu hidrokisprolina, kao aminokiseline dominantne u kolagenu, ali prema rezultatima Henckel i sar. (2004), udeo kolagena u proteinima mesa u uzorku MSM-a dobijenom od torzalnog dela kokoši je iznosio 9,53%, a u uzorku dobijenom od grudnog dela kokoši 6,08%.

Takođe, Rossi i sar. (2009) su pokazali da je njihov izolat proteina MSM-a, iako sa malim sadržajem metionina i cisteina ima dobro neto zadržavanje proteina (engl. *Net Protein Retention* - NPR) i pravu svarljivost (engl. *True Digestability* - TD), što vodi zaključku da su aminokiseline u izolatu dostupne apsorpciji i predstavljaju pogodan izvor nutrijenata. Takođe, Babji i sar. (1980) su pokazali da je kvalitet proteina MSM-a veoma sličan (bez statistički značajne razlike) kazeinu, koji se uzima za referentni uzorak.

**Tabela 2.** Sadržaj esencijalnih aminokiselina (mg/g proteina) u različitim uzorcima MSM-a

Aminokiseline	MSM <sup>a</sup>	MSM vrata <sup>b</sup>	MSM leđa <sup>b</sup>	Kombinovani MSM <sup>b</sup>
<i>Esencijalne</i>				
histidin	31,2	26,1	28,0	26,4
izoleucin	39,1	36,3	35,4	36,0
leucin	79,9	82,5	81,6	79,2
lizin	112,9	87,4	84,7	85,8
metionin + cistein	30,3 + 9,5	28,2 + 6,5	26,6 + 10,1	28,0 + 6,8
fenilalanin + tirozin	39,5 + 33,3	38,9 + 34,4	39,6 + 30,2	40,2 + 35,8
treonin	47,8	47,4	44,6	45,7
triptofan	11,2	n.o.	n.o.	n.o.
valin	40,5	41,0	41,4	41,0
<i>Neesencijalne</i>				
arginin	63,4	65,1	68,9	67,8
serin	45,1	49,3	47,0	48,1
asparaginska kis.	97,5	105,2	102,3	101,4
glutaminska kis.	153,2	167,9	159,5	163,0
prolin	49,3	51,3	53,4	52,5
glicin	74,3	64,4	79,2	70,9
alanin	73,7	67,9	69,7	68,6

n.o. - nije određivana

<sup>a</sup> Babji i sar. 1980

<sup>b</sup> MacNeil i sar. 1978

Svi ovi rezultati ukazuju na to da su proteini MSM-a biološki značajni i da predstavljaju bogat izvor esencijalnih aminokiselina, te su jedna od komponenata izabranih za kreiranje nutritivno unapređenog snek proizvoda tokom ovog istraživanja. Takođe, MSM je jeftinija sirovina od pilećeg mesa, a odlikuje se visokim udelom proteina i niskim sadržajem masti. Cunningham i sar. (1993) preporučuju upotrebu MSM-a za ekstrudirane snek proizvode sa dodatkom mesa, a u istraživanju Ray i sar. (1996) prilikom korišćenja MSM-a utrošena je najmanja količina energije za ekstrudiranje u poređenju sa ostalim mesnim sirovinama (delimično obezmaščena junetina i karabatak pilića), pri istim uslovima proizvodnje.



## 2.8.2 Pileća jetra

Pileća jetra (PJ) (slika 11) pripada iznutricama, odnosno „jestivim unutrašnjim organima” (Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa „Službeni glasnik RS” 50/2019 i 34/2023). Upotreba sporednih proizvoda industrije mesa u ljudskoj ishrani zavisi pre svega od kulture lokalne kuhinje, nutritivnog kvaliteta, ekonomije i regulative države (Goldstrand, 1988). Prema podacima koje su objavili Nollet i Toldra (2011), upotreba iznutrica u ljudskoj ishrani je opala, iako je konzumiranje mesa poraslo. Prema podacima FAOSTAT-a, za potrošnju različitih vrsta mesa u ishrani za 2020. godinu, pileće meso se najviše koristilo u ljudskoj ishrani, a 2020. godine proizvedeno je čak 119,5 miliona tona pilećeg mesa (<https://www.fao.org/faostat/en/#home>).



**Slika 11.** Pileća jetra (<https://papareillyfoods.ie/product/chicken-liver-1-kg-pack/>)

Pileća jetra čini 1,6-2,3% mase pilića (Ockerman i Hansen, 1988). Najčešće se na našoj trpezi može naći pržena ili barena ili kao sastojak kuvanih i barenih kobasica. Često se potcenjuje nutritivni kvalitet pileće jetre jer prema Pravilniku o kvalitetu mesa stoke za klanje, peradi i divljači („Sl. list SFRJ“, br. 34/74, 26/75, 13/78 - dr. pravilnik, 1/81 - dr. pravilnik i 2/85 - dr. pravilnik) ona pripada „jestivim delovima peradi koji se ne smatraju mesom“, tj. jetra je klasifikovana kao unutrašnji organ ili iznutrica. Zapravo, jetra predstavlja namirnicu visokog nutritivnog kvaliteta, pre svega zbog sadržaja proteina i masti, kao i vitamina i minerala, čiji je sadržaj veći nego u mesu.

Pileća jetra sadrži prosečno 16,9 g proteina na 100 g proizvoda, i sadrži i esencijalne i neesencijalne aminokiseline, pri čemu je udeo esencijalnih amino kiselina 44% skoro isti kao kod mesa gde je udeo oko 50% (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171060/nutrients>), što potvrđuje da je jetra dobar izvor kvalitetnih proteina. Takođe, pileća jetra je dobar izbor namirnice, zbog niske kalorične vrednosti, jer sadrži od 3,8 do 7,08% masti. Najveći udeo masti čine zasićene masne kiseline (~32%), dok je udeo polinezasićenih masnih kiselina oko 27%. Prema podacima USDA, udeo polinezasićenih masnih kiselina je veći kod pileće jetre nego kod pilećih grudi (~23%).

Zbog visokog sadržaja gvožđa (8,99 mg/100g) (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171060/nutrients>) pileća jetra se preporučuje u ishrani beba, dece i odraslih koji pate od anemije

(Robscheit-Robbins i Whipple, 1927). Od minerala, pored gvožđa i bakra, u većim koncentracijama zastupljeni su i cink i selen, a jetra je posebno prepoznata kao izvor magnezijuma, koji čak može biti zastupljen u šest do deset puta većoj koncentraciji nego u mesu (Mullen i Alvarez, 2016). Takođe, je dobar saveznik u borbi protiv nedostatka vitamina B<sub>12</sub> u ishrani, jer 100g pileće jetre sadrži 13,6 - 20,8 µg vitamina B<sub>12</sub> (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171060/nutrients>), čiji je preporučeni dnevni unos za odrasle osobe 4 µg (Obeid i sar., 2019). Posebno se kod jetre ističe sadržaj vitamina A, iako su liposolubilni vitamini slabo zastupljeni u mesu i iznutricama. Sadržaj vitamina A u pilećoj jetri je toliko visok da se čak trudnicama ne preporučuje često konzumiranje pileće jetre (Howells i Livesey, 1998).

Na osnovu prethodno navedenih činjenica, može se zaključiti da pileća jetra predstavlja nutritivno vrednu sirovinu bogatu proteinima, vitaminima i mineralima.

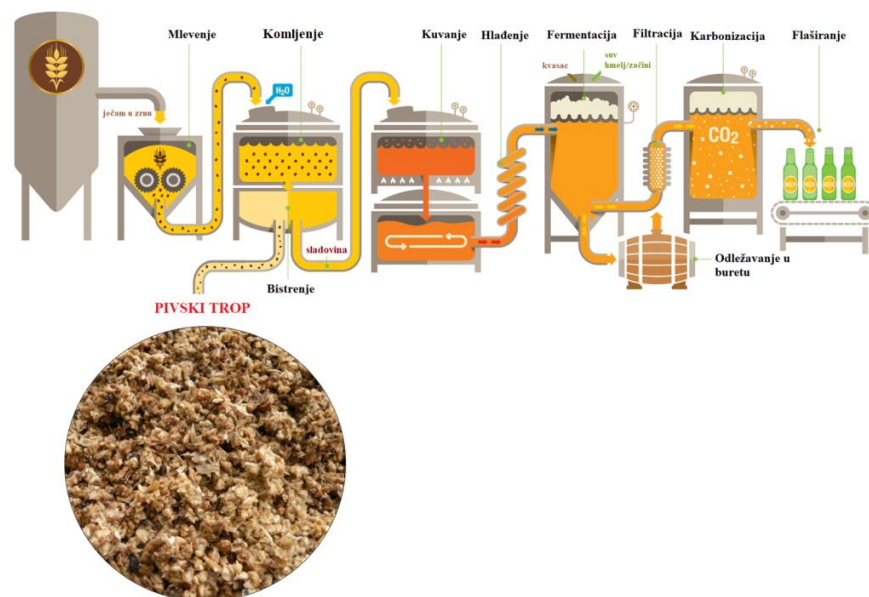
### 2.8.3 Pivski trop

Pivski trop (PT) je najobilniji sporedni proizvod inustrije piva, i čini 85% njenog ukupnog otpada (slika 12). Na 100 l proizvedenog piva, zaostane oko 20 kg pivskog tropa (Mussatto i sar., 2006). Prema statističkom godišnjaku Republike Srbije, u 2021. godini u Republici Srbiji je proizvedeno 5556 hiljada hl piva (Republički zavod za statistiku, 2022). U Republici Srbiji deo pivskog tropa se koristi kao stočna hrana, dok se najveći deo baca, posebno sa porastom zanatskog pivarstva gde se kuvaju manje sarže piva te ne postoje zaineresovani otkupljivači pivskog tropa. Pivski trop takođe ima potencijal u biotehnologiji (Pejin i sar., 2013; Xiros i Christakopoulos, 2012), zatim kao građevinski materijal (Klimek i sar., 2017; Russ i sar., 2005), izvor energije (Nganyira i sar., 2022; Pabbathi i sar., 2022), adsorbens (Lu i Gibb, 2008; Li i sar., 2009), i u ljudskoj ishrani (Ktenoudaki i sar., 2013; Martins i sar., 2017; Spinelli i sar., 2016).

Pivski trop se razlikuje zavisno od vrste piva i žitarica koje se koriste za njegovu proizvodnju, ali najčešće se u najvećem delu sastoji od ječma. Takođe, hemijski sastav pivskog tropa varira od sorte ječma koja se koristi, zatim od vremena žetve, uslova sladovanja i komljenja, tipa i kvaliteta nesladovanih sirovina koje se koriste u proizvodnji piva. U osnovi, trop čine ostaci plevice, oplodnjače, semenjače, ostaci klice, delimično razgrađeni delovi endosperma i proteini nerastvorni u vodi. Drugim rečima, svi sastojci zrna slada koji se ne rastvore prilikom komljenja (proces mešanja usitnjenog slada i vode). Pivski trop je lignocelulozni materijal, bogat proteinima i vlaknima.

Sadržaj prehrambenih vlakana u suvoj materiji pivskog tropa dosta varira. Udeo vlakana u suvoj materiji tropa može da se kreće od 5,4% do 76%. Glavne komponente vlakana pivskog tropa su hemiceluloza, lignin i celuloza. Hemiceluloza je najzastupljeniji polisaharid kod pivskog tropa, dok se lignin i celuloza smenjuju na drugom i trećem mestu. Ovi polimeri su nerastvorljivi u vodi, te većinski deo vlakana

pivskog tropa pripada nerastvorljivim vlaknima (Mussatto i sar. 2006; Mussatto, 2014; Pejin i sar., 2013; Stojceska, 2019).



**Slika 12.** Proces proizvodnje piva (<https://www.bulkcontainerexpress.com/bulk-bins-and-spent-grains>)

Prehrambena vlakna je prvi definisao Hipsley (1953), kao nesvarljive gradivne elemente hrane, poreklom iz ćelijskih zidova biljaka. Danas se najčešće primenjuje definicija koju je dala Evropska direktiva 2008. godine (Ktenioudakiand and Gallagher, 2012; Gyura i sar., 2016), a koja glasi:

“Vlakna su ugljeni hidrati sa tri ili više monomernih jedinica koji nisu svarljivi, niti se mogu apsorbovati u tankom crevu ljudskog organizma, a pripadaju sledećim kategorijama:

- Jestivi ugljenohidratni polimeri koji su prirodno prisutni u hrani,
- Jestivi ugljenohidratni polimeri dobijeni iz prehrambene sirovine fizičkim, enzimskim ili hemijskim putem, a koji imaju povoljne fiziološke efekte potvrđene naučnim dokazima,
- Jestivi sintetski ugljenohidratni polimeri koji imaju povoljne fiziološke efekte potvrđene naučnim dokazima,
- Neugljenohidratni polimeri koji su u biljci, usko povezani sa ugljenohidratnim polimerima, koji zadovoljavaju definiciju „vlakna“ i koji se ekstrahuju zajedno sa vlaknima (lignin i dr.); ali kada se oni u izolovanom stanju dodaju u hranu ne smatraju se vlaknima.”

Prehrambena vlakna se mogu podeliti po više osnova. Najjednostavnija i najzastupljenija podela je na osnovu rastvorljivosti, pri čemu se dele na: prehrambena vlakna nerastvorljiva u vodi (celuloza,

hemiceluloza, lignin) i prehrambena vlakna rastvorljiva u vodi (pektin, gume, sluzi, rezistentni skrob, inulin,  $\beta$ -glukani) (Ktenioudaki and Gallagher, 2012; Gyura i sar., 2016).

Udeo proteina u tropu varira od 15 do 24,2% (iskazano na suvu materiju), a proteini su poreklom iz aleuronskog sloja ječma i čine ih: albumini, globulini, glutelini i hordeini (Bogar i sar., 2002; Mussatto i Roberto, 2005; Santos i sar., 2003; Serena i Knudsen, 2007).

### 3. Zadatak rada

Pregledom dostupne literature ustanovljeno je da je mogućnost proizvodnje nutritivno vrednih direktno ekspanziranih snek proizvoda, na bazi kukuruzne krupice sa dodatkom više funkcionalnih sirovina, retko izučavana. Takođe, flips proizvodi poboljšanog nutritivnog kvaliteta nisu široko rasprostranjeni na tržištu Republike Srbije, te bi jedan ovakav proizvod doprineo širenju asortimana „zdravijih“ snek proizvoda na ovim prostorima.

Proizvodnja funkcionalnog ekstrudiranog proizvoda, senzorki prihvatljivog za potrošača, predstavlja kompleksan zadatak, jer se poboljšanje nutritivnog kvaliteta postiže dodacima koji mogu nepovoljno da utiču na senzorske karakteristike proizvoda (izgled, teksturu, ukus i miris). Stoga je neophodno sprovesti istraživanja koja će rezultirati proizvodom optimalnih karakteristika, unapređenog nutritivnog i očuvanog senzorskog kvaliteta. Optimizacija proizvodnje ovakvog proizvoda zahteva mnogobrojna ispitivanja: odabir polaznih sirovina, optimizaciju udela odabranih sirovina, optimizaciju procesa ekstrudiranja, optimizaciju senzorskih svojstava itd.

Na osnovu prethodno navedenog, zadatak ove doktorske disertacije je razvoj i karakterizacija novog snek proizvoda dopadljivog potrošačima, koji će se odlikovati poboljšanim nutritivnim kvalitetom u odnosu na komercijalno-dostupne slane snek proizvode. Stoga se može reći da ova doktorska disertacija ima dva cilja:

- Primarni cilj ove doktorske disertacije jeste optimizacija procesa ekstrudiranja i razvoj snek proizvoda sa dodatom vrednošću koji se sastoji od kukuruzne krupice, pivskog tropa, mehanički separisanog pilećeg mesa i pileće jetre, uz dodatak komercijalnih smeša začina za prehrambene proizvode, koje ne sadrže aditive (engl. *clean label*) različitih ukusa.
- Sekundarni cilj disertacije jeste uspostavljanje novog načina valorizacije pivskog tropa u Republici Srbiji kao visokovrednog sporednog proizvoda industrije piva, te smanjenje količine otpada u pivarstvu.

Pre osnovnog istraživanja sprovedeni su preliminarni eksperimenti na osnovu kojih su izvedeni zaključci koji su odredili dalji tok osnovnih istraživanja.

Kako bi se ostvario prethodno postavljeni zadatak rada, osnovna istraživanja u okviru ove disertacije su sprovedena u više faza (slika 13):

Faza 1: Proizvodnja eksperimentalnih šarži snek proizvoda, prema definisanom eksperimentalnom planu, korišćenjem korotacionog dvopužnog ekstrudera, pri različitim brzinama rotacije puža (500, 700 i 900 o/min) za početne smeše različite formulacije (MSM - 4, 8 i 12% i PT - 10, 20 i 30%).

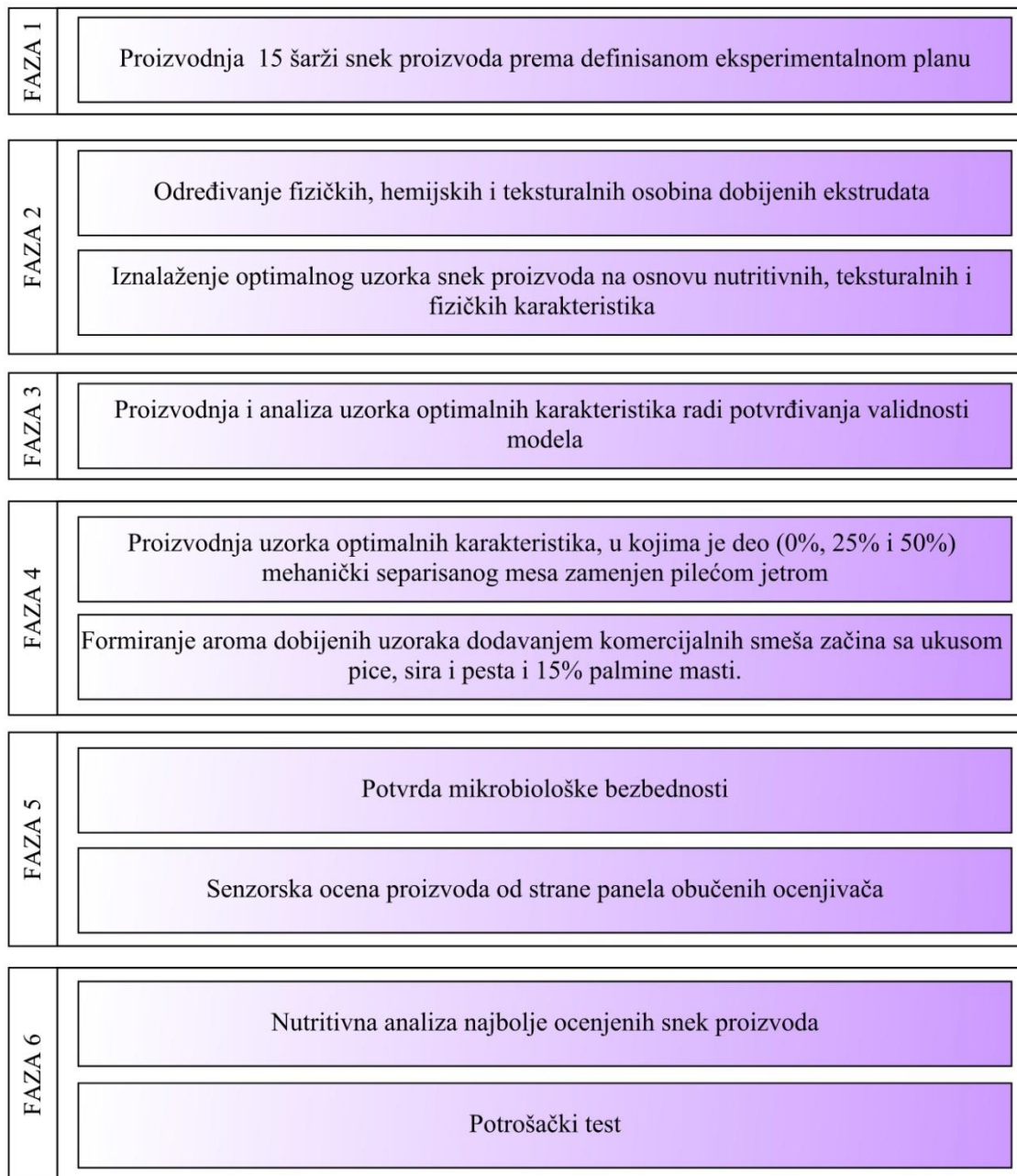
Faza 2: Određivanje osnovnih fizičkih, hemijskih, teksturalnih i reoloških osobina i parametara boje dobijenih ekstrudata i iznalaženje optimalnog uzorka snek proizvoda, primenom statističkih metoda, na osnovu nutritivnih (sadržaj proteina i dijetetskih vlakana), teksturalnih (tvrdoća, čvrstoća i hrskavost) i osnovnih fizičkih karakteristika (nasipna masa, dužina ekstrudata i radijalna ekspanzija).

Faza 3: Proizvodnja i analiza optimalnog uzorka (proizvod dobijen korišćenjem optimalne brzine rotacije puža i optimalnog sastava napojne smeše) radi potvrđivanja validnosti eksperimentalnih podataka i primenjene statističke metode.

Faza 4: Proizvodnja uzorka optimalnih karakteristika, pri čemu se jedan deo (0%, 25% i 50%) mehanički separisanog mesa zamenjuje pilećom jetrom, radi povećanja sadržaja mineralnih materija. Formiranje arome dobijenih uzoraka, dodavanjem komercijalnih smeša začina za prehrambene proizvode (sa ukusom pice, sira i pesto sosa), uz korišćenje palmine masti kao sredstva za adheziju (15%).

Faza 5: Potvrda mikrobiološke bezbednosti proizvoda. Senzorska ocena proizvoda od strane panela obučениh ocenjivača.

Faza 6: Karakterisanje nutritivnog sastava (hemijski sastav, sadržaj dijetetskih vlakana, sadržaj mineralnih materija, aminokiselinski sastav, sastav masnih kiselina i antioksidativna sposobnost) najbolje ocenjenih proizvoda, odlukom senzorskog panela, i sprovođenje potrošačkog testa.



FINALNI KONKURENTNI UZORAK

**Slika 13.** Plan istraživanja u okviru doktorske disertacije

## 4. Materijal i metode

### 4.1 Materijal

#### 4.1.1 Sirovine

Za potrebe izrade ove doktorske disertacije korišćene su sledeće sirovine: kukuruzna krupica, pivski trop, mehanički separisano meso, pileća jetra, kuhinjska so, palmino ulje i tri vrste komercijalnih smeša začina za prehrambene proizvode. Hemijski sastavi osnovnih sirovina upotrebljenih za proizvodnju snek proizvoda dati su u tabeli 3.

**Tabela 3.** Hemijski sastav osnovnih sirovina

Sirovine	Proteini (%)	Masti (%)	Vlakana (%)	Pepeo (%)	Vlaga (%)	Ugljeni hidrati (%)	Skrob (%)
KK	6,50	0,59	5,73	0,31	13,01	79,60	74,31
Osušeni PT	19,10	5,58	45,59	4,72	4,99	65,61	13,19
MSM	15,80	14,98	/	0,95	68,17	0,10	/
PJ	16,80	6,57	/	1,03	74,12	1,48	/

Kukuruzna krupica (KK), u tipu pivarske kukuruzne krupice kupljena je od proizvođača Mirotin Tisa (Savino selo, Srbija).

Pivski trop (PT) je dobijen od lokalne kraft pivare 3beer (Novi Sad, Srbija). Svež pivski trop je sušen u konvektivnoj sušnici dryerD-018, Solaris + (Dryer d.o.o., Beograd, Srbija) (slika 14) do postizanja sadržaja vlage od oko 5%, a zatim je samleven na mlinu čekićaru tip 2.2 (ABC Inženjering, Beograd, Srbija) uz korišćenje sita promera otvora od 1 mm.

Mehanički separisano meso (MSM) je kupljeno od proizvođača DB Rodić (Titel, Srbija), dok je pileća jetra (PJ) kupljena od proizvođača Industrija mesa Matijević (Novi Sad, Srbija).



Kuhinjska so proizvođača Solana (Tuzla, Bosna i Hercegovina) i palmino ulje proizvođača Lučar d.o.o. (Novi Sad, Srbija) su kupljeni u maloprodajnim objektima.

Komercijalne smeše začina za prehrambene proizvode, posipi, ukusa pica, pesto i sir su dobijene na poklon od proizvođača Taste Point by IFF (Novi Sad, Srbija). U radu su korišćeni posipi formulisani bez aditiva, tzv. *clean label* začini sledećih oznaka: PIZZA 09 764 (sastav: so, maltodekstrin, šećer, paradajz u prahu, mlevena paprika, beli luk u prahu, ekstrakt kvasca, prirodne arome, crni luk u prahu, peršun, pečeni luk u prahu, origano, mleveni crni biber, mleveni ruzmarin), PESTO 09 752 (sastav: sir u prahu, so, surutka u prahu, dekstroza, spanać u prahu, ekstrakt kvasca, bosiljak, aroma, beli luk u prahu) i CHEESE 09 745 (sastav: maltodekstrin, so, dekstroza, prirodna aroma mleka, sir u prahu).



**Slika 14.** Konvektivna sušnica tip dryerD-018, Solaris +

## 4.2 Metode

### 4.2.1 Eksperimentalni dizajn

Za defisanje eksperimentalnog plana u prvom delu osnovnog istraživanja je korišćen Box-Behnken eksperimentalni dizajn radi procene uticaja 3 ulazne promenljive (promenljiva X1 - udeo mehanički separisanog mesa (MSM): 4, 8 i 12%; promenljiva X2 - udeo pivskog tropa (PT): 10, 20 i 30%; i promenljiva X3 - brzina obrtanja pužnice (BOP): 500, 700 i 900 o/min) na fizičke, teksturalne, reološke i nutritivne parametre snek proizvoda. Prikaz svih 15 eksperimenata preporučenih Box-Behnken dizajnom dat je u tabeli 4. Sadržaj soli u svakoj smeši je iznosio 0,5%.

**Tabela 4.** Box-Behnken eksperimentalni dizaj sa realnim i kodiranim (u zagradi) vrednostima ulaznih promenljivih

Br. eksperimenta	Procesne varijable		
	X1 MSM (%)	X2 PT (%)	X3 BOP (o/min)
1	4 (-1)	10 (-1)	700 (0)
2	12 (+1)	10 (-1)	700 (0)
3	4 (-1)	30 (+1)	700 (0)
4	12 (+1)	30 (+1)	700 (0)
5	4 (-1)	20 (0)	500 (-1)
6	12 (+1)	20 (0)	500 (-1)
7	4 (-1)	20 (0)	900 (+1)
8	12 (+1)	20 (0)	900 (+1)
9	8 (0)	10 (-1)	500 (-1)
10	8 (0)	30 (+1)	500 (-1)
11	8 (0)	10 (-1)	900 (+1)
12	8 (0)	30 (+1)	900 (+1)
13	8 (0)	20 (0)	700 (0)
14	8 (0)	20 (0)	700 (0)
15	8 (0)	20 (0)	700 (0)

#### 4.2.2 Proizvodnja ekstrudata

Napojne smeše, za proizvodnju eksperimentalnih uzoraka snek proizvoda, su pripremljene mešanjem definisanih količina kukuruzne krupice, pivskog tropa, mehanički separisanog mesa, soli i pileće jetre u uređaju za seckanje mesa (engl. *bowl cutter*) model Titane 20 (Dodaux technologies, Francuska) do postizanja homogene mase (slika 15). U pripremljene smeše je po potrebi dodavana voda kako bi se postigao željeni sadržaj vlage, koji je u prvoj i trećoj fazi istraživanja iznosio 18%, dok je u četvrtoj fazi eksperimenta vrednost ciljanog sadržaja vlage bila 15,5%. Početni i krajnji sadržaj vlage u smešama je određen uz korišćenje brzog vlagomera (model HE53, Mettler Tolledo, SAD).

Pripremljene smeše su potom ekstrudirane korišćenjem dvopužnog ekstrudera Bühler BTKS 30/28D (Bühler, Uzwil, Švajcarska) sa 7 zona, cevi dužine 880 mm i odnosom dužina/prečnik = 28 : 1 (slika 16). Unutar cevi su dve pužnice koje se međusobno uklapaju i rotiraju u istom smeru. Korišćena je posebna konfiguracija pužnica za direktno ekspanzirane proizvode (slika 17).



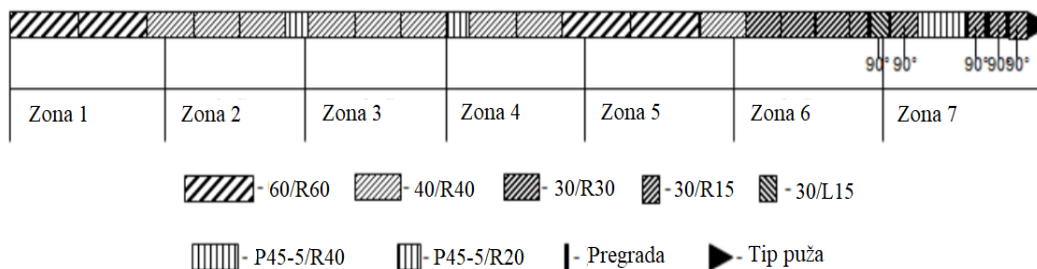
**Slika 15.** Kuter tip Titane 20



**Slika 16.** Dvopužni ekstruder tip Bührer BTSK 30/28D

Oko cevi ekstrudera nalazi se plašt sa vodom za regulaciju temperature, a temperatura se reguliše uz pomoć dva Regloplas P140 smart uređaja (Regloplas, St. Gallen, Švajcarska), od kojih prvi kontroliše temperaturu u zonama 2-4, a drugi u zonama 6-7. Temperaturni režim ekstrudiranja je bio sledeći: 100 (2-4 zone) / 120°C (6-7 zone). Protok materijala je bio konstantan tokom procesa i iznosio je 50 kg/h. U toku prve faze eksperimenta, varirana je brzina obrtanja pužnice (500, 700, 900 o/min), dok je tokom treće i četvrte faze eksperimenta ekstrudiranje izvođeno pri odabranoj optimalnoj brzini rotacije pužnice od 900 rpm. Na izlazu iz ekstrudera postavljena je matrica prečnika 4 mm i površine otvora 12,56 mm<sup>2</sup>, sa

konusnim ulazom radi promovisanja ekspanzije proizvoda. Kako bi se postigla odgovarajuća dužina ekstrudata nakon matrice je montirana glava sa šest noževa koji su se rotirali konstantnom brzinom od 350 o/min. Svi parametri ekstrudiranja, uključujući temperaturu, pritisak matrice, opterećenje motora ekstrudera izraženo kao obrtni moment, i specifičnu mehaničku energiju, su direktno očitani sa PLC (engl. *Programmable Logic Controller*) ekrana ekstrudera, preko koga se kontroliše i sam proces ekstrudiranja.



**Slika 17.** Šematski prikaz korišćene konfiguracije pužnica i segmenata od kojih je konfiguracija sastavljena (Kojić i sar., 2018) - R - označava element koji transportuje materijal ka napred; L - označava element koji transportuje materijal ka nazad; P - označava element za mešanje i gnječenje materijala; Prvi broj u oznaci segmenta - korak navoja segmenta izražen u milimetrima; Drugi broj - dužina segmenta u milimetrima.

#### 4.2.3 Formiranje arome

Inicijalnim planom doktorata, za formiranje arome snek proizvoda u fazi 4 istraživanja, predviđena je upotreba uređaja *Vacuum coater* model F-6-RVC (Forberg International AS, Norveška) koji služi za oblaganje ekstrudata i peleta različitim uljanim suspenzijama. Prethodnih godina ovaj uređaj je najčešće korišćen za oblaganje hrane za životinje po tipu ekstrudata ili peleta i pokazao je zadovoljavajuće rezultate (Banjac i sar., 2021). Takođe, ovaj uređaj je bio prvi izbor za nanošenje komercijalnih smeša začina za prehrambene proizvode, imajući u vidu da zbog svoje konstrukcije podseća na tamblere za nanošenje začina/aroma/aditiva koji se uobičajeno koriste u industriji snek proizvoda. Međutim, nanošenje smeša začina za prehrambene proizvode na eksperimentalne uzorke uz pomoć ovog uređaja se nije pokazalo kao odgovarajuće rešenje jer su lopatice *Vacuum coater*-a narušavale oblik i strukturu ekstrudata, odnosno uzrokovale su lom tretiranih uzoraka (slika 18).



**Slika 18.** Slike izlomljenih uzoraka nakon korišćenja *Vacuum coater* uređaja

Stoga su komercijalne smeše začina za prehrambene proizvode nanošene manuelno, nanoseći prvo palminu mast, a potom smeše začina za dodavanje arome. Izabrane smeše začina i palmina mast su pripremljene i dodavane prema preporuci proizvođača. Palmina mast se prvo zagrevala na temperaturu oko 60 °C, i nanosila prskalicom u količini od 15% na masu proizvoda, dok su komercijalne smeše začina za prehrambene proizvode (tzv. posipi) dodate u količini od 8% na masu proizvoda. Prilikom nanošenja posipa, 2 kg uzorka je tretirano u uređaju za mešanje/tamblovanje (Gorenjefecro, Slovenija) kapaciteta 50 l, sa otvorenim poklopcem kako bi se polako dodala palmina mast i posipi (slika 19). Potom su uzorci ostavljeni još 15 minuta da se mešaju sa ciljem postizanja što homogenije raspodele, odnosno uniformnog formiranja ukusnosti u celoj zapremini uzorka.



**Slika 19.** Nanošenje smeša začina na ekstrudate



#### 4.2.4 Fizičke karakteristike ekstrudata

##### 4.2.4.1 Nasipna masa

Nasipna masa - NM (g/l) ekstrudata određena je primenom uređaja za određivanje nasipne mase (Tonindustrie, West und Goslar, Nemačka). Merenje nasipne mase rađeno je u 3 ponavljanja.

##### 4.2.4.2 Stepen radijalne/lateralne ekspanzije ekstrudata

Prečnik 10 ekstrudata izmeren je pomičnim, kljunastim merilom (MIB Messzeuge GmbH, Spangenberg, Nemačka). Stepen ekspanzije (SE) određen je računski prema jednačini (2):

$$SE = \frac{d_e - d_m}{d_m} * 100 (\%) \quad (1)$$

gde su: SE – stepen ekspanzije (%),  $d_e$  – prečnik ekstrudata (mm),  $d_m$  – prečnik otvora matrice (mm).

##### 4.2.4.3 Dužina ekstrudata

Dužina 10 ekstrudata merena je pomičnim, kljunastim merilom (MIB Messzeuge GmbH, Spangenberg, Nemačka) i izražena je u mm.

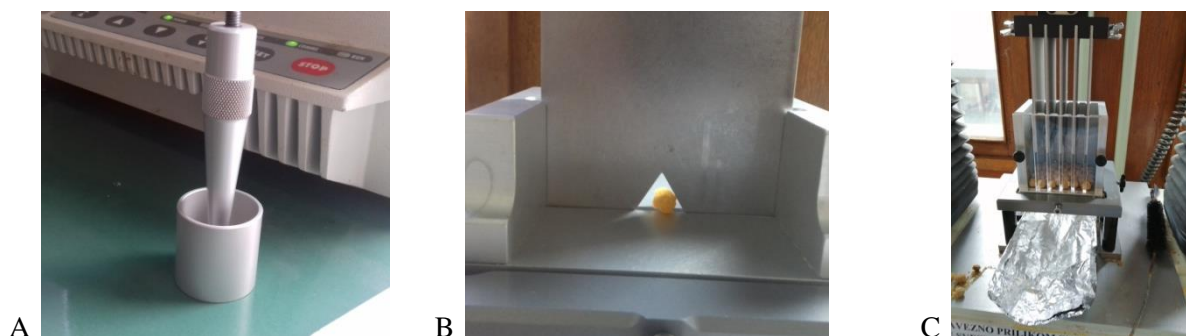
#### 4.2.5 Osnovne hemijske analize

Hemijski sastav MSM-a, PJ-e i snek proizvoda određen je sledećim metodama: SRPS ISO (engl. *International Organization for Standardization*) 937, 1992 – određivanje sadržaja azota/proteina; SRPS ISO 1444, 1998 – određivanje sadržaja masti; ISO 1442, 1997 – određivanje sadržaja vlage; SRPS ISO 936:1999 – određivanje ukupnog pepela; AOAC (engl. *Association of Official Analytical Chemists*) 985.29 – određivanje vlakana; Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa („Službeni list SFRJ“ 74/1988) metoda 1.28 - Određivanje količine skroba (po Ewers-u); metoda po Luff-Schoorl-u – određivanje šećera.

Hemijski sastav kukuruzne krupice i PT-a je određen sledećim metodama: SRPS EN ISO 20483, 2014 – sadržaj proteina; AOAC 945.16 - određivanje sadržaja masti; Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa („Službeni list SFRJ“ br. 74/88) metoda 1.8 - određivanje sadržaja vlage, metoda 1.10 - određivanje sadržaja pepela, metoda 1.28 - Određivanje količine skroba (po Ewers-u); AOAC 985.29 – određivanje vlakana.

#### 4.2.6 Instrumentalno određivanje teksture ekstrudata

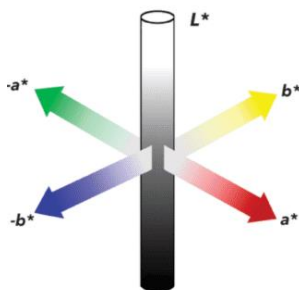
Karakteristike teksture (tvrdoća, čvrstoća i hrskavost) su ispitane na teksturometaru TA.XT2 Texture Analyser 164 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY/Stable MicroSystems, Godalming, Velika Britanija) koristeći teg od 250 kg. Tvrdoća i čvrstoća ekstrudata su određene prateći metode opisane u radu Paula i Conti-Silva (2014), pri čemu je za određivanje tvrdoće (engl. *hardness*) uzoraka primenjen test kompresije (engl. *compression test*), dok je čvrstoća (engl. *firmness*) izmerena primenom testa presecanja uz pomoć Warner-Bratzler noža u obliku obrnutog slova V (engl. *Cut test using Warner-Bratzler V-shaped cutting blade*) (slika 20A i 20B). Tvrdoća i čvrstoća ekstrudata su merene u 15 ponavljanja, iz kojih su dobijene srednje vrednosti izražene u kg i N, redom. Hrsravost ekstrudata je izmerena po metodi prikazanoj u radu Oliveira i sar. (2017), uz primenu Kramerove ćelije sa 10 noževa (slika 20C). Merenja su sprovedena u 5 ponavljanja. Hrsravost je izražena kao broj pikova tokom presecanja uzoraka.



**Slika 20.** Nastavci korišćeni za određivanje teksture ekstrudata: nastavak za kompresiju (A) Warner-Bratzler nož u obliku slova V (B) Kramerova ćelija sa 5 noževa (C)

#### 4.2.7 Instrumentalno određivanje boje

Boja samlevenih uzoraka ekstrudata određena je u 10 ponavljanja upotrebom kolorimetra Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) i odgovarajućeg nastavka (CRA50), prilagođenog za merenja ovakve vrste uzoraka. Za merenja je korišćeno D-65 osvetljenje, standardni ugao posmatranja od 2° i prečnik kontaktne površine od 8 mm. Pre merenja izvršena je kalibracija uređaja standardom bele boje. Rezultati su izraženi u CIELab sistemu boja (CIE, 1976) pomoću sledećih parametara boje:  $L^*$  - svetloća boje (gde 0 označava crno, a 100 belo),  $a^*$  - udeo crvene/zelene boje ( $a^* > 0$  označava crvenu i  $a^* < 0$  označava zelenu boju), i  $b^*$  - udeo žute/plave boje ( $b^* > 0$  označava žutu i  $b^* < 0$  označava plavu boju) (slika 21).



**Slika 21.** Prikaz CIE Lab sistema boja ([https://www.researchgate.net/figure/A-Three-dimensional-CIELAB-color-space-where-the-L-axis-represents-the-colors\\_fig2\\_318751900](https://www.researchgate.net/figure/A-Three-dimensional-CIELAB-color-space-where-the-L-axis-represents-the-colors_fig2_318751900))

#### 4.2.8 Skenirajuća elektronska mikroskopija

Mikrostruktura ekstrudata je određena korišćenjem TM3030 skenirajućeg elektronskog mikroskopa (engl. *scanning electron microscope* - SEM) (Hitachi, Tokyo, Japan), prikazanog na slici 22., pri naponu od 5 kV. Ekstrudati su isečeni u radijalnom smeru na komade debljine 3-4 mm koji su potom uz pomoć adhezivne trake zalepljeni za nosač mikroskopa. U toku snimanja korišćena su uvećanja od 25x do 100x.



**Slika 22.** Skenirajući elektronski mikroskop TM3030

#### 4.2.9 Reološka ispitivanja

Reološka svojstva smeša i ekstrudata ispitana su na Modular Advanced Rheometer System-MARS reometru (HAAKE™, Thermo Scientific™, Nemačka). Praćenje promene viskoznosti tokom želatinizacije skroba izvedeno je uz pomoć posude Z43S, koja ima nazubljenu unutrašnjost kako bi se sprečilo proklizavanje materijala u toku merenja, i uz pomoć propelerskog rotora FL2B. Teflonski



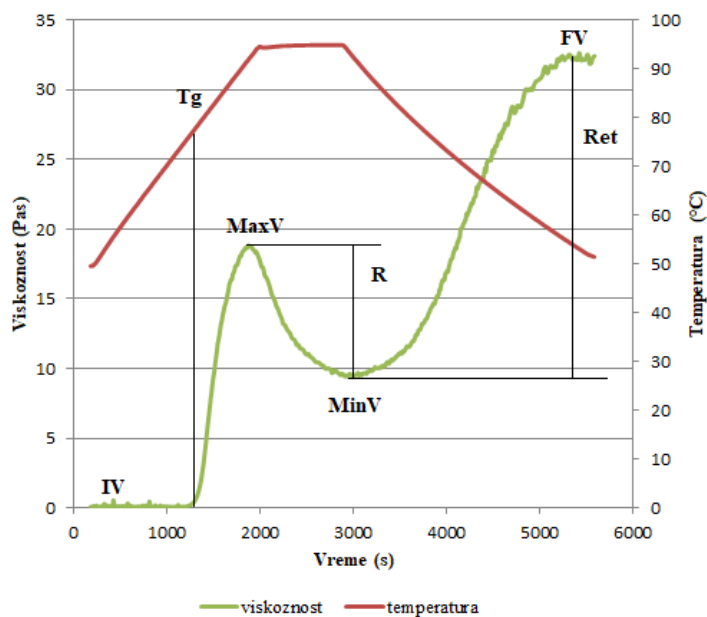
poklopac (engl. *solvent trap* Z40) je takođe upotrebljen kako bi se sprečilo isparavanje vode u toku merenja (slika 23).



**Slika 23.** Propelerski rotor FL2B sa teflonskim poklopcem (Z40)

Ekstrudati i smeše su fino samleveni na mlinu za kafu kako bi se postigla fina i uniformna granulacija uzoraka. Mešanjem fino samlevenih uzoraka i destilovane vode napravljene su 30% suspenzije (računato na masu osušenog uzorka) pri čemu je količina dodate destilovane vode bila 60 ml. Suspenzije su temperirane na 50 °C u trajanju od 5 minuta, a zatim zagrevane do 95 °C brzinom od 1,5°C/min, nakon čega je 15 minuta temperatura održavana konstantnom (95 °C), da bi ponovo bila spuštena na 50 °C brzinom od 1,5 °C/min, i održavana konstantno na toj temepraturi 15 minuta. Brzina smicanja propelera u toku merenja je iznosila 10 s<sup>-1</sup>. Merenja su vršena u tri ponavljanja, a kao rezultat dobijene su krive promene viskoznosti u funkciji vremena i temperature (grafik 4), sa koje su očitani sledeći parametri:

- IV - inicijalna viskoznost smeše (Pas) (engl. *initial viscosity*)
- Tg- temperatura početka želatinizacije (°C) (engl. *pasting temperature*), odnosno temperatura u trenutku početka rasta viskoznosti
- MaxV - maksimalna viskoznost (Pas) (engl. *peak viscosity*)
- MinV - minimalna viskoznost na 95 °C (Pas) (engl. *hot paste viscosity*)
- FV - finalna viskoznost na 50 °C (Pas) (engl. *cold paste viscosity*)
- R - iznos razrušavanja strukture skroba (Pas) (engl. *breakdown viscosity*) = MaxV- MinV
- Ret - iznos retrogradacije SBV - (engl. *setback viscosity*) = FV- MinV



**Grafik 4.** Kriva promene viskoznosti u funkciji vremena i temperature

#### 4.2.10 Mikrobiološka ispitivanja

Mikrobiološki kvalitet proizvoda utvrđen je proverom mikrobioloških parametara koje propisuje Vodič za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu (Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede, 2011) za mehanički separisano meso i sneg proizvode, a to su: određivanje broja *Salmonella*, određivanje broja *Escherichia coli*, određivanje ukupanog broja mikroorganizama, određivanje broja kvasaca i plesni, određivanje broja *Enterobacteriaceae*.

Za određivanje pomenutih mikrobioloških parametara korišćene su ISO metode:

- SRPS EN ISO 6579-1, 2017: Horizontalna metoda za otkrivanje, određivanje broja i serotipizaciju *Salmonella*
- SRPS ISO 16649-2, 2008: Horizontalna metoda za određivanje broja  $\beta$ -glukuronidaza pozitivne *Escherichia coli*
- SRPS EN ISO 4833-1, 2014: Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama
- SRPS ISO 21527-2, 2011: Horizontalna metoda za određivanje broja kvasaca i plesni -
- SRPS EN ISO 21528-2, 2017: Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Enterobacteriaceae*.

#### 4.2.11 Određivanje antiradikalske aktivnosti na DPPH'

Antioksidativna/antiradikalska aktivnost uzoraka određena je primenom spektrofotometrijske metode (Brand-Williams i sar., 1995), uz određene modifikacije. Metoda se zasniva na redukciji stabilnog 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH') radikala čiji rastvor ima ljubičastu boju, a pri redukciji se obezbojava ili postaje žut. Stoga se broj radikala može kvantifikovati na osnovu apsorpcije merene pri talasnoj dužini od 515 nm.

Uzorci sneg proizvoda (1 g) su fino samleveni i potom potopljeni u 10 ml metanola, tokom 2 h. Potom su suspenzije centrifugirane 10 minuta pri 9000 o/min. Izdvojeni ekstrakti (gornji sloj) su filtrirani kroz mikrofilter 0,45 µm, i zatim je u 100 µl filtriranog ekstrakta dodato 3,9 ml sveže pripremljenog 6×10<sup>-5</sup> mol/l DPPH' rastvora (dobijen rastvaranjem 0,00236 g DPPH' u 100 ml metanola). Kontrolni uzorak je sadržao samo 3,9 ml DPPH' rastvora. Pripremljene reakcione smeše su vorteksovane i ostavljene na tamnom mestu na sobnoj temperaturi 60 min.

Apsorbanca uzoraka i čistog metanola (slepa proba) je merena na talasnoj dužini od 515 nm na UV-VIS sprektrofotometru (UV-1800, Shimadzu, Japan).

Na osnovu izmerenih apsorbanca uzorka (A<sub>uz</sub>), slepe probe (A<sub>sp</sub>) i kontrolnog uzorka (A<sub>k</sub>), određena je antiradikalska aktivnost na DPPH' (AA<sub>DPPH'</sub>) prema jednačini:

$$AA_{DPPH'} = 100 - [100 \times (A_{uz} - A_{sp})/A_k] (\%) \quad (2)$$

#### 4.2.12 Određivanje aminokiselinskog sastava

Za određivanje aminokiselinskog sastava primenjena je metoda tačne jonoizmenjivačke hromatografije na Automatic Amino Acid Analyzer Biochrom 30+ (Biochrom, Velika Britanija) uređaju, prema delimično modifikovanoj metodi koju su razvili i opisali Spackman i sar. (1958).

Usitnjeni uzorci (oko 10 mg) su hidrolizovani dodatkom 1 ml 6M HCl (Merck, Nemačka) sa dodatkom 1% fenola (Merck, Nemačka) i 0,5% tioglikolne kiseline (Sigma-Aldrich, St. Louis, SAD) u sudovima za derivatizaciju (Sigma-Aldrich, St. Louis, SAD), dok se za određivanje triptofana primenjuje alkalna hidroliza uzoraka sa 4M NaOH. Svaki sud je zatvoren poklopcem nakon prethodne zamene atmosfere radi sprečavanja oksidacije aminokiselina (uvođenjem azota u sud tokom 10 sekundi) i ostavljen 24 h u termostatu na 110°C. Zatim je sadržaj suda ohlađen, prenet u normalan sud i dopunjen puferom *Sodium Loading Buffer* (pH 2,2) (Biochrom, Cambridge, Velika Britanija) do 25 ml. Rastvor je potom profiltriran pomoću špic-filtera prečnika pora 0,22 µm u vijalu i podvrgnut hromatografskoj separaciji. Nakon reakcije sa ninhidrinom za detekciju su korišćene dve talasne dužine: 570 nm i 440 nm (za prolin), pri čemu su aminokiseline identifikovane na osnovu poređenja retencionih vremena standarda (Sigma-Aldrich, St. Louis, SAD) i uzoraka, a kvantifikovane na osnovu površine pika, pomoću kalibracione krive

različitih koncentracija standarda (od 0,03215 – 0,5  $\mu\text{mol/ml}$ ). Rezultati su izraženi kao g/100g proteina i g/100g uzorka.

#### 4.2.13 Određivanje sastava masnih kiselina

Koristeći metod opisan u radu Folch i sar. (1957), odnosno hladnu ekstrakciju uz pomoć mešavine hloroforma i metanola (2:1), ekstrahovane su masti iz uzoraka. Procesom transmetilacije uz pomoć 14% metanolnog rastvora bortrifluorida, dobijeni ekstrakti masti su prevedeni u metil estre masnih kiselina. Pripremljeni metil estri masnih kiselina detektovani su i kvantifikovani tehnikom gasne hromatografije na GC Agilent 7890A system (Agilent Technologies, SAD) uređaju sa plameno-jonizujućim detektorom (engl. *Flame Ionization Detector* - FID ) i autoinjektujućim sistemom za tečnosti, na kapilarnoj koloni (SP-2560, 100 m x 0,25mm, I.D., 0,20  $\mu\text{m}$ ). Kao gas nosač upotrebljen je helijum čistoće 99,9997 vol%. Temperatura injektora i detektora je uznosila 250 °C. Analiza je izvedena primenom sledećeg temperaturnog programa: početna temperatura kolone od 140 °C održavana je 5 minuta, nakon čega je sledio porast temperature brzinom od 3 °C/min do temperature od 230 °C koja je održavana konstantnom 5 minuta. Nakon toga, kolona je zagrejana do finalne temperature od 240 °C (brzinom 3°C/min) koja je održavana 10 minuta. Metil estri masnih kiselina su indentifikovani poredeći njihova retencionna vremena sa retencionim vremenima standarda Supelco 37 FAME Mixture. Rezltati su izraženi kao masa (g) masne kiseline ili grupe masnih kiselina u 100g ukupnih masnih kiselina.

#### 4.2.14 Određivanje sadržaja mineralnih materija

Za određivanje sadržaja Na, Fe, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn i K, korišćene su metode koje se zasnivaju na atomskoj apsorpcionoj spektrofometrijskoj tehnici na uređaju Varian Spectra AAA 10 Atomic Absorption Spectrometer (Varian Techtron Pty Limited, Australija).

#### 4.2.15 Senzorka analiza i potrošački test

Definisanje senzorskog profila uzoraka ekstrudiranih snek proizvoda sprovedeno je primenom objektivne senzorske analize pomoću panela treniranih ocenjivača.

Dopadljivost proizvedenih uzoraka određena je primenom potrošačkog testa pomoću panela ocenjivača laika (potrošača).

Senzorska analiza i potrošački test u toku ovog istraživanja su sprovedeni sledeći principe *Deklaracije za etička pitanja koja obuhvataju rad sa ljudima u okviru istraživanja vezanih za hranu i analitiku podataka*. Saglasnost za sprovođenje senzorske analize i potrošačkog testa je dala Etička komisija Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu (Prilog 1).

## 4.2.15.1 Senzorska analiza

U cilju dobijanja senzorskog profila uzoraka flips proizvoda, sprovedena je senzorska ocena od strane utreniranih ocenjivača. Po uzoru na Carmo i sar. (2019) izabrano je 10 kandidata (8 žena i 2 muškarca) sa prethodnim iskustvom u senzorskoj analizi, i sprovedena je njihova dodatna obuka za realizaciju senzorske analize snek proizvoda (obuka o načinu sagledavanja dominantnih senzorskih svojstava snek proizvoda, generisanju liste atributa i upotrebi skale za ocenu intenziteta odabranih atributa). S obzirom da je u pitanju panel koji nije akreditovan, možemo reći da su panelisti delimično obučeni. Prema literaturi, za ispitivanje razlika u senzorskim profilima proizvoda, panel delimično obučeni ocenjivača najčešće broji 8-24 panelista (Punter, 2018; Tarrega i Tarancon, 2014).

Zbog epidemiološke situacije (period pandemije COVID-19), uzorci su obeleženi nasumičnim trocifrenim šiframa i podeljeni ocenjivačima da u svojim kancelarijama urade deskriptivnu analizu senzorskih svojstava dobijenih snek proizvoda. Svaki ocenjivač je dobio anketu u Excel formatu. Uzorci su bili spakovani u providne zip kese na kojima se nalazila šifra uzorka. Ocenjivači su dobili svih 12 proizvoda odjednom, a zamoljeni su da nasumičnim odabirom ocene proizvode u dva dana, drugim rečima imali su zadatak da svaki dan analiziraju po 6 uzoraka. Prema Tomić (2021), broj uzoraka u jednoj sesiji ne bi trebao da bude veći od 6, kako ne bi došlo do zamora ocenjivača, odnosno gubljenja koncentracije i smanjenja osetljivosti čula. Sistem šifriranja uzoraka bio je poznat samo osobama koje su rukovodile senzorskim ocenjivanjem.

Odabir senzorskih svojstava za profilisanje snek proizvoda prethodno je sproveden od strane rukovodioca Odeljenja za senzorske i tehničke analize u okviru akreditovane FINSLab laboratorije, dr Dubravke Škrobot i doktoranda, Jovane Delić, a potom usaglašavan sa članovima panela u cilju što boljeg definisanja senzorskog profila snek proizvoda. Konačna lista sastojala se od 25 deskriptora, pri čemu su se četiri deskriptora odnosila na izgled (pravilnost oblika, ujednačenost boje među uzorcima, veličina pora na preseku, izgled pora na preseku), pet deskriptora na ukus (intenzitet slatkog ukusa, intenzitet gorkog ukusa, intenzitet slanog ukusa, intenzitet kiselog ukusa, intenzitet umami ukusa), šest deskriptora na aromu (intenzitet ukupne arome, intenzitet arome na kečap/picu, intenzitet arome na sir, intenzitet arome na pesto/bosiljak, intenzitet arome na seno, intenzitet arome na gvožđe/jetru), pet na miris (intenzitet ukupnog mirisa, intenzitet mirisa na kečap/picu, intenzitet mirisa na sir, intenzitet mirisa na pesto/bosiljak, intenzitet stranog mirisa) i pet deskriptora je korišćeno za definisanje teksturnih svojstava (tvrdoća, hrskavost, grubost/oštrina, apsorpcija vlage, adhezivnost). Intenzitet ocenjivanih svojstava iskazan je na linijskoj skali od 10 cm, sa opsegom ocena od 0 do 100. Takođe, ocenjivači su dali i svoj sud o ukupnoj dopadljivosti i ukupnom kvalitetu proizvoda, pri čemu su koristili ocene od 1-9 i 0-5, redom. Spisak senzorskih svojstava sa definicijama i krajnjim podeocima na skali prikazan je u tabeli 5.

**Tabela 5.** Senzorska svojstva, definicije i referentni uzorci

Senzorsko svojstvo	Definicija	Krajnji podeoci na skali (referentni uzorci)
<b>Izgled</b>		
Pravilnost oblika	Snek proizvod ujednačene debljine, bez iskrzalih ili polomljenih delova.	pravilan -nepravilan
Ujednačenost boje među uzorcima	Homogena boja uzoraka.	homogena-heterogena
Veličina pora na preseku	Dijametar pora na preseku.	male-velike
Izgled pora na preseku	Oblik pora na preseku.	puhave-voskaste
Nijansa boje	Boja proizvoda.	date su šifre/atlas boja
<b>Ukus</b>		
Intenzitet slatkog ukusa		Slab (voda)-Intenzivan (med)
Intenzitet gorkog ukusa		Slab (voda)-Intenzivan (crna kafa)
Intenzitet slanog ukusa	Intenzitet osnovnih pet ukusa.	Slab (voda)-Intenzivan (so)
Intenzitet kiselog ukusa		Slab (voda)-Intenzivan (limun)
Intenzitet umami ukusa		Slab (voda)-Intenzivan (soja sos)
<b>Ukusnost</b>		
Intenzitet ukusnosti	Ukupno senzorsko svojstvo koje se opaža pomoću čula mirisa i ukusa.	
Intenzitet ukusnosti na kečap/picu		
Intenzitet ukusnosti na sir		
Intenzitet ukusnosti na pesto/bosiljak	Ukusnost povezana sa namenskim dodacima.	Slaba-Intenzivna
Intenzitet ukusnosti na seno		
Intenzitet ukusnosti na gvožđe/jetru		
<b>Miris</b>		
Intenzitet ukusnog mirisa	Ukupno senzorsko svojstvo koje se opaža pomoću čula mirisa.	
Intenzitet mirisa na kečap/picu		
Intenzitet mirisa na sir	Miris povezan sa namenskim dodacima.	Slab - Intenzivan
Intenzitet mirisa na pesto/bosiljak		
Intenzitet stranog mirisa	Stepen u kojem se javlja miris koji ne potiče od osnovnih sirovina i dodataka.	
<b>Tekstura</b>		
Tvrdoća	Sila neophodna da se zubima prodre kroz uzorak.	veoma meko (belance jajeta) - veoma tvrdo (tvrda bombona)
Hrskavost	Zvuk i sila kojom se uzorak lomi ili puca.	gnjecav (žele bombone) - veoma hrskav (čips)
Grubost/oštrina	Stepen u kojem je masa gruba pri manipulaciji u ustima.	nežna (pire)-gruba (sečeni pečeni lešnik)
Apsorpcija vlage	Količina pljuvačke koju apsorbuje uzorak.	bez apsorpcije (žele bombone) - potpuna (smoki)
Adhezivnost	Sila koja je potrebna da bi se uzorak sklonio sa kutnjaka.	neprionjivo (belance jajeta) - veoma lepljivo (kiki bombona)

## 4.2.15.2 Potrošački test

Dva najbolje ocenjena uzorka od strane senzorskog panela na osnovu ukupne dopadljivosti proizvoda su dalje okarakterisana potrošačkim testom, u kome su potrošači imali priliku da probaju izabrane uzorke kao i njihove komercijalne alternative, odnosno ekstrudirane flips proizvode sa ukusom pice i sira (Čarobnjaci pizza i Čarobnjaci sir, proizvođača Takovo SwissLion, Srbija) (slika 24). Ispitivanje stava potrošača prema ovim proizvodima je sprovedeno na bazi slučajnog izbora popunjavanjem *online* upitnika dostupnog na linku: [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSees0-OGugnMBZdC-WpgiuEAnxCJZ9V-Kz6xOMQL-1iBzYY7Q/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSees0-OGugnMBZdC-WpgiuEAnxCJZ9V-Kz6xOMQL-1iBzYY7Q/viewform?usp=sf_link) (Prilog 2 - štampana verzija upitnika). Prema preporuci Stone i Sidel (2004) odlučeno je da najmanji broj slučajno izabranih ispitanika bude oko 60 kako bi se prikupljeni podaci statistički obradili.



**Slika 24.** Komercijalni flips proizvodi sa ukusom pice (A) i sira (B) (<https://www.swisslion-takovo.com/en/proizvodi/puffs/>)

Ispitanici su se u prvom delu ankete izjasnili o svom sociodemografskom statusu, a potom su komentarisali svoje prehrambene navike. U trećem delu ankete, cilj je bio da potrošači urade test dopadljivosti za 4 prezentovana uzorka (dva komercijalna i dva inovativna snek proizvoda razvijena u toku ovog istraživanja) koja su bila označena nasumičnim trocifrenim šiframa (slika 25) i ocene Ukupnu dopadljivost, Izgled, Ukus, Teksturu, Tvrdoću, Hrskavost i Adhezivnost proizvoda na skali od 1-9, gde 1 označava „uopšte mi ne sviđa“, 5 „niti mi se sviđa niti mi se ne sviđa“ i 9 „izuzetno mi se sviđa“. Nakon toga su u formi slobodnog odgovora zapisali svoje sugestije za unapređenje proizvoda, kao i ambicije za kupovinom ovih proizvoda.



**Slika 25.** Uzorci pripremljeni za potrošački test

488 - Čarobnjaci pica; 257 - Čarobnjaci sir; 305 - Inovativni snek proizvod pica; 101 - Inovativni snek proizvod sir

#### 4.2.16 Statistička obrada podataka i optimizacija procesa

Za definisanje odnosa između ulaznih parametara (udeo mehanički separisanog mesa, udeo pivskog tropa i brzina rotacije pužnice) i fizičko-hemijskih osobina dobijenih ekstrudata primenjena je metoda odzivne površine (engl. *Response Surface Methodology*, RSM). Polinom drugog reda je korišćen za iznalaženje relativnog odnosa između odziva ( $Y$ ) i promenljivih ulaznih parametara:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_{ii}^2 + \sum \sum b_{ij} X_i X_j \quad (3)$$

gde je  $b_0$  - odsečak (konstanta),  $b_i$  - linearni koeficijent,  $b_{ii}$  - kvadratni koeficijent i  $b_{ij}$  - koeficijent koji odlikuje interakciju između dva ulazna faktora, a  $Y$  je merena izlazna veličina. Analiza je izvedena korišćenjem programa Dizajn-Expert 8.0.4, dok su grafici crtani u programu Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., SAD).



Analiza varijanse (engl. *analysis of variance* – ANOVA) sa *posthoc* Tukey HSD (engl. *honest significant difference*) testom je primenjena za analizu statističke značajnosti razlika rezultata. Korišćen je nivo značajnosti od 95%. Podaci su obrađeni primenom programa Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., SAD).

Za iznalaženje optimalnog uzorka korišćen je Design Expert 8.0.4 software (Stat-Ease, Inc., SAD).

Radi vizuelizacije korelacionih odnosa između odabranih senzorskih deskriptora i ispitivanih uzoraka, sprovedena je analiza glavnih komponentata (engl. *Principal Component Analysis* - PCA), kojoj je prethodila uopštena Prokrust analiza (engl. *General Procrust Analysis* - GPA), radi pripreme podataka i eliminisanja varijacija. Podaci su obrađeni korišćenjem programa XLSTAT 2022.2.1.1290 (Lumivero, SAD).

## 5. Rezultati i diskusija

### 5.1 Preliminarna istraživanja

Imajući u vidu mali broj istraživanja u ovoj oblasti, štaviše nepostojanje literature u kojoj je izučavana mogućnost kreiranja nutritivno unapređenog snek proizvoda koji u svojoj formulaciji sadrži i mehanički separisano meso i pivski trop, bilo je neophodno sprovesti preliminarno istraživanje, kako bi se postavile osnove i granice za dalje istraživanje. Rezultati ovog preliminarnog istraživanja su publikovani u radu Delić i sar. (2020). Tokom preliminarnih ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije, analizirana je mogućnost kreiranja novog, nutritivno vrednog snek proizvoda sa povećanim sadržajem proteina i smanjenim sadržajem masti u odnosu na slične tržišno-dostupne snek proizvode. Kao osnova snek proizvoda korišćena je kukuruzna krupica, koja je zbog visokog udela skroba pogodna za izradu direktno ekspaniranih proizvoda i koristi se za izradu većine flips proizvoda. Radi unapređenja nutritivnog kvaliteta, u sastav proizvoda je dodato mehanički separisano meso (MSM) i pivski trop (PT). Udeo MSM-a je varirao od 0 do 30% (0/10/20/30), pri čemu je odlučeno da maksimalni udeo mesne komponente bude 30% po preporuci Riaz i Rokey (2012). Pivski trop je dodat u količini od 20%. Snek proizvodi su dobijeni tehnologijom ekstrudiranja korišćenjem dvopužnog ekstrudera (model BTSK-30, Buhler, Uzwil, Switzerland), opisanog u poglavlju Materijal i metode. Temperaturni režim tokom preliminarnih istraživanja je bio podešen na 100/120 °C u zonama 2-4 i 6-7. Ostali uslovi ekstrudiranja su navedeni u tabeli 6., zajedno sa izlaznim parametrima (temperatura u zoni 3, 6 i na izlazu iz ekstrudera, obrtni moment i specifična mehanička energija - SME).

**Tabela 6.** Parametri ekstrudiranja tokom preliminarnog eksperimenta

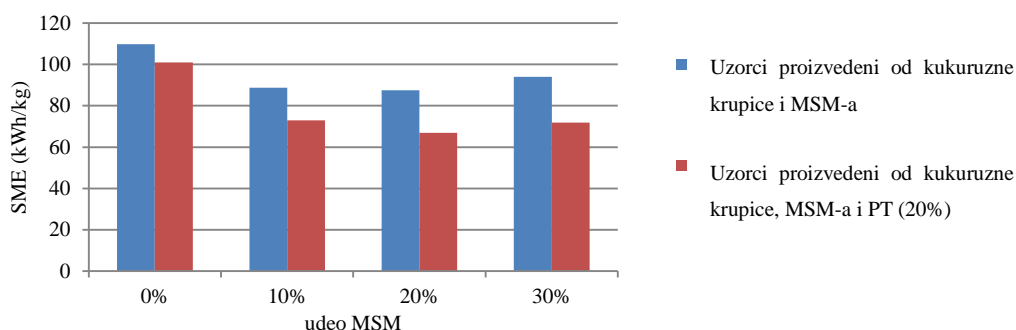
Smeše <sup>a</sup>	0-0	0-10	0-20	0-30	20-0	20-10	20-20	20-30
BOP (rpm)	800	800	800	800	800	800	800	800
Vlaga <sup>b</sup> (%)	25,0	24,9	24,8	25,6	24,4	24,7	24,9	24,7
PM (kg/h)	35	35	35	35	35	35	35	35
T3 (°C)	94,4	91,5	92,6	93,4	92,9	91,5	92,4	93,4
T6 (°C)	108,2	112,7	113,2	113,9	107,2	113,0	113,6	113,9
Tm (°C)	129	135	127	131	134	129	124	126
OM (Nm)	72,6	55,0	52,8	52,8	63,8	46,2	39,6	39,6
OM (%)	33	25	24	24	29	21	18	18
SME (Wh/kg)	109,8	88,8	87,5	94,0	100,9	72,9	66,9	71,8
POM (mm)	4	4	4	4	4	4	4	4
BON (o/min)	300	300	300	300	300	300	300	300
Br. noževa	6	6	6	6	6	6	6	6

<sup>a</sup> Prvi broj u obeležavanju smeša označava udeo PT-a, a drugi udeo MSM-a (npr.: 0-10 jeste smeša sa 0% PT i 10% MSM)

<sup>b</sup> Vlaga smeša tokom ekstrudiranja.

BOP – brzina obrtanja puža; PM – protok materijala (engl. *feed rate*); T3 – temperatura u zoni 3; T6 – temperatura u zoni 6; Tm - temperatura na matrici; OM – obrtni moment; SME - specifična mehanička energija; POM - prečnik otovora matrice; BON – brzina obrtanja noževa

Jedan od izlaznih parametara ekstrudiranja je i specifična mehanička energija (SME) koja ukazuje koliko je energije generisano usled trenja materijala. Tokom preliminarnog eksperimenta zabeležene su niže vrednosti SME kod uzoraka koji su sadržali pivski trop (grafik 5). Niže vrednosti SME znače energetski efikasniji, odnosno ekonomski isplativiji proces proizvodnje. Uticaj MSM-a na SME ne može se jasno definisati jer dobijeni podaci ne prate određeni trend.

**Grafik 5.** Poređenje SME vrednosti tokom proizvodnje uzoraka sa i bez dodatka pivskog tropa

Snek proizvodi dobijeni tokom preliminarnih istraživanja (slika 26) odlikovali su se višim sadržajem proteina u odnosu na kontrolni uzorak (uzorak 0% PT-0% MSM) (tabela 7) i komercijalno dostupne slane

snek proizvode (tabela 1), kao i nižim sadržajem masti od komercijalnih proizvoda (tabela 1). Sadržaj proteina u nutritivno poboljšanim uzorcima je varirao od 8,20% (uzorak 0% PT - 10% MSM) do 14,44% (uzorak 20% PT - 30% MSM), pri čemu je udeo masti bio na veoma niskom nivou (1,12% - 3,64%). Uzorak sa najvišim sadržajem masti (20% PT- 30% MSM - 3,64%) imao je oko 7-8 puta manji sadržaj masti od komercijalnih snek proizvoda prikazanih u tabeli 1. Sadržaj proteina i masti je rastao sa dodatkom MSM-a i PT-a, što je potvrđeno i dvofaktorskom analizom varijanse (engl. *two-way* ANOVA) pokazujući da su i MSM i PT imali statistički značajan efekat na sadržaj proteina i masti u ispitivanim snek proizvodima. Takođe, 13,65% ukupne energetske vrednosti ovog proizvoda potiče od proteina, te bi on na deklaraciji mogao sadržati nutritivnu izjavu koja glasi „izvor proteina“ („Sl. glasnik RS“, br. 51/2018 i 103/2018).



**Slika 26.** Primeri snek proizvoda iz preliminarnog istraživanja: levo – 20% MSM i 0% PT; desno – 20% MSM i 20% PT

**Tabela 7.** Sadržaj proteina i masti u ekstrudatima iz preliminarnih istraživanja

		0% MSM	10% MSM	20% MSM	30% MSM	PT	MSM	PT x MSM
<b>Sadržaj proteina (%)</b>	<b>0% PT</b>	5,90 ± 0,03 <sup>a</sup>	8,20 ± 0,03 <sup>b</sup>	9,95 ± 0,06 <sup>d</sup>	11,09 ± 0,08 <sup>f</sup>	*	*	*
	<b>20% PT</b>	9,41 ± 0,09 <sup>c</sup>	10,34 ± 0,13 <sup>e</sup>	12,00 ± 0,02 <sup>g</sup>	14,44 ± 0,05 <sup>h</sup>			
<b>Sadržaj masti (%)</b>	<b>0% PT</b>	0,68 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,12 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,31 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,93 ± 0,03 <sup>e</sup>	*	*	*
	<b>20% PT</b>	1,16 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,01 <sup>d</sup>	2,16 ± 0,02 <sup>f</sup>	3,64 ± 0,02 <sup>g</sup>			

<sup>a-h</sup>Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*  $p < 0,05$

Rezultati određivanja fizičkih karakteristika ekstrudata prikazani su u tabeli 8. Lateralna ekspanzija je značajno opala sa dodatkom PT-a, što je u skladu sa rezultatima koje su objavili Stojceska i sar. (2008;

2009). Uzrok opadanja lateralne ekspanzije uzoraka može biti povećan nivo proteina i prehrambenih vlakana, što prema literaturi rezultuje smanjenom ekspanzijom ekstrudata (Basilio-Atencio i sar., 2020; Beck i sar., 2018). Prema statističkoj dvosmernoj analizi varijanse, MSM je imao uticaj na lateralnu ekspanziju, ali se, na osnovu prikazanih rezultata, trend uticaja nije mogao jasno definisati.

Sa druge strane, dodatak PT-a je imao pozitivan uticaj na dužinu ekstrudata, dok je dodatak MSM-a imao negativan.

Nasipna masa se može smatrati parametrom koji objedinjuje prethodna dva pokazatelja, pružajući uvid u ukupnu ekspanziju proizvoda. Sa dodatkom MSM-a, za uzorke koji ne sadrže PT, uočen je porast nasipne mase uzoraka, dok rezultati dobijeni za uzorke sa dodatkom PT-a nisu pratili određeni trend. Ipak, ono što je jasno vidljivo jeste da je dodatak PT-a značajno smanjio nasipnu masu uzoraka, što je u suprotnosti sa rezultatima koje su objavili Ainsworth i sar. (2007). S obzirom da su nasipna masa i ukupna ekspanzija recipročne karakteristike (Navale i sar., 2015), ovi rezultati potvrđuju prethodne navode, da su uzorci koji sadrže PT više ekspandirali.

**Tabela 8.** Fizičke karakteristike ekstrudata iz preliminarnih istraživanja

		0% MSM	10% MSM	20% MSM	30% MSM	PT	MSM	PT x MSM
<b>Lateralna ekspanzija (%)</b>	<b>0% PT</b>	62,17±10,89 <sup>a</sup>	89,17 ± 7,60 <sup>b</sup>	87,5 ± 8,40 <sup>b</sup>	85,17 ± 13,87 <sup>b</sup>			
	<b>20% PT</b>	61,83±5,38 <sup>a</sup>	52,50 ± 3,90 <sup>c</sup>	56,5 ± 4,51 <sup>a,c</sup>	71,96 ± 6,21 <sup>d</sup>	*	*	*
<b>Dužina (mm)</b>	<b>0% PT</b>	12,13 ± 1,75 <sup>a</sup>	12,29 ± 0,85 <sup>a</sup>	12,14 ± 0,95 <sup>a</sup>	11,38 ± 0,65 <sup>b</sup>			
	<b>20% PT</b>	14,39 ± 0,65 <sup>c</sup>	17,95 ± 0,50 <sup>d</sup>	14,68 ± 0,67 <sup>c</sup>	11,40 ± 0,44 <sup>b</sup>	*	*	*
<b>Nasipna masa (g/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>0% PT</b>	410,37 ± 6,38 <sup>d</sup>	445,5 ± 3,71 <sup>e</sup>	489,87 ± 0,64 <sup>f</sup>	517,85 ± 1,51 <sup>g</sup>			
	<b>20% PT</b>	320,17 ± 1,76 <sup>b</sup>	366,68 ± 4,01 <sup>a</sup>	369,05 ± 1,64 <sup>a</sup>	333,26 ± 0,37 <sup>c</sup>	*	*	*

<sup>a-g</sup>Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*  $p < 0,05$

Karakteristike teksture, prikazane preko vrednosti tvrdoće i čvrstoće dobijenih snek proizvoda navedene su u tabeli 9. Uzorci koji sadrže PT su imali statistički značajno niže vrednosti tvrdoće i čvrstoće, od uzoraka bez PT-a. Rezultati teksture dobijenih snekova su suprotni rezultatima koje su publikovali Ačkar i sar. (2018) i Stojceska i sar. (2008), koji su utvrdili da tvrdoća raste sa dodatkom PT-a. Izmerene vrednosti parametara teksture su bile u skladu sa rezultatima nasipne mase, tj. ekspanzije proizvoda. Proizvodi sa najnižim izmerenim vrednostima čvrstoće i tvrdoće, su isti oni kod kojih su izmerene najniže vrednosti nasipnih masa, odnosno proizvodi koji su najviše ekspandirali (uzorak 20% PT - 20% MSM i uzorak 20% PT - 30% MSM). Jedno od mogućih objašnjenja ovih rezultata može biti tvrdnja da veći sadržaj masti smanjuje tvrdoću ekstrudata (Dextrumaux i sar., 1999), dok bi drugo moglo biti da se

dodatakom PT-a u sastav uzoraka uključuju prehrambena vlakna dugačkih lanaca, te je uzorak podložniji pucanju (Thomas i sar., 1998). Nije uočen trend uticaja MSM-a na teksturalne karakteristike ekstrudata.

Boja uzoraka, definisana preko parametara  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , (tabela 9) je značajno izmenjena dodatkom MSM-a i PT-a. Inkorporacija PT-a značajno je umanjila svetloću ( $L^*$ ) snek proizvoda, rezultujući tamnijim ekstrudatima. Udeo crvene boje ( $a^*$ ) je porastao sa dodatkom pivskog tropa, dok se udeo žute ( $b^*$ ) smanjio. Dobijeni rezultati su u skladu sa prethodno publikovanim radovima u kojima je takođe, ispitan uticaj PT-a na boju proizvoda (Ainsworth i sar., 2007; Ktenioudaki i sar., 2012; Stojceska i sar., 2008). Prema rezultatima koje su objavili Lee i sar. (2003), dodatak MSM-a povećava vrednosti  $a^*$  i  $b^*$  parametara boje, što nije potvrđeno u prikazanim rezultatima.

**Tabela 9.** Parametri teksture i boje ekstrudata iz preliminarnih istraživanja

			0% MSM	10% MSM	20% MSM	30% MSM	PT	MSM	PT x MSM
Tekstura	Tvrdoća (kg)	0% PT	45,30 ± 8,67 <sup>d</sup>	28,26 ± 2,80 <sup>b</sup>	25,06 ± 7,00 <sup>b</sup>	37,33 ± 9,07 <sup>c</sup>	*	*	*
		20% PT	13,55 ± 2,04 <sup>a</sup>	13,72 ± 1,89 <sup>a</sup>	10,30 ± 1,52 <sup>a</sup>	9,04 ± 1,56 <sup>a</sup>			
	Čvrstoća (N)	0% PT	176,85 ± 42,3 <sup>cd</sup>	174,40 ± 30,2 <sup>cd</sup>	162,44 ± 47,95 <sup>c</sup>	186,5 ± 24,22 <sup>d</sup>	*	*	*
		20% PT	75,45 ± 10,64 <sup>b</sup>	60,67 ± 6,79 <sup>ab</sup>	52,55 ± 11,62 <sup>a</sup>	69,20 ± 7,08 <sup>ab</sup>			
Boja	$L^*$	0% PT	80,97 ± 0,36 <sup>cd</sup>	81,43 ± 0,43 <sup>d</sup>	79,92 ± 1,21 <sup>b</sup>	79,00 ± 1,60 <sup>bc</sup>	*	*	*
		20% PT	67,93 ± 0,42 <sup>a</sup>	68,18 ± 1,17 <sup>a</sup>	69,63 ± 0,83 <sup>f</sup>	66,34 ± 1,62 <sup>e</sup>			
	$a^*$	0% PT	4,94 ± 0,19 <sup>b</sup>	1,82 ± 0,25 <sup>c</sup>	1,61 ± 0,34 <sup>c</sup>	2,14 ± 0,27 <sup>d</sup>	*	*	*
		20% PT	4,81 ± 0,22 <sup>a</sup>	4,78 ± 0,24 <sup>ab</sup>	4,57 ± 0,16 <sup>a</sup>	5,52 ± 0,31 <sup>e</sup>			
	$b^*$	0% PT	38,74 ± 0,68 <sup>d</sup>	37,96 ± 1,21 <sup>cd</sup>	37,28 ± 0,16 <sup>c</sup>	37,35 ± 1,24 <sup>c</sup>	*	*	*
		20% PT	27,51 ± 0,98 <sup>ab</sup>	27,49 ± 0,89 <sup>ab</sup>	26,78 ± 0,74 <sup>a</sup>	28,06 ± 0,42 <sup>b</sup>			

<sup>a-f</sup>Vrednosti istog parametra (rasporedene u dva reda) označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*  $p < 0,05$

Na osnovu rezultata preliminarnih istraživanja utvrđeno je da je dodatak PT-a i MSM-a rezultovao snek proizvodima sa visokim sadržajem proteina i niskim sadržajem masti, u poređenju sa komercijalnim snek proizvodima. Takođe, inkorporacija PT-a je imala pozitivan uticaj na fizičke i teksturalne karakteristike ekstrudiranih snek proizvoda. Međutim, vrednosti tvrdoće i čvrstoće, iako smanjene dodatkom PT-a, još uvek su bile visoke za hranu za ljude, te je zaključeno da dalji tok istraživanja treba da bude usmeren ka dobijanju nutritivno vrednih snek proizvoda veće ekspanzije i samim tim nižih vrednosti tvrdoće i čvrstoće. Detaljna analiza literature i dobijenih rezultata ukazala je da je za dobijanje finalnih proizvoda bolje ekspanzije, te boljih teksturnih karakteristika, neophodno smanjiti sadržaj vlage napojne smeše, koja

je u preliminarnim rezultatima iznosila oko 25%. S obzirom na visok sadržaj vlage u MSM-u (cca. 70%), udeo ove sirovine u formulaciji napojne smeše je morao biti smanjen. Sa druge strane, dvopužni ekstruder koji je korišćen za izvođenje eksperimenata (model BTSK-30, Buhler, Uzwil, Switzerland), ne može da ekstrudira kukuruznu krupicu, koja predstavlja osnovu napojne smeše u prezentovanim istraživanjima, pri sadržaju vlage nižem od 15%, te je ova vrednost uzeta za donju granicu vlage napojne smeše. Višegodišnje iskustvo upotrebe navedenog ekstrudera kao i nepublikovana preliminarna istraživanja su pokazala da ulazna/napojna smeša, čija osnova je kukuruzna krupica, ima najbolju ekspanziju pri sadržaju vlage između 15,5-18%. Stoga je odlučeno da se u toku daljeg istraživanja udeo MSM-a ograniči na maksimalnih 12%, kako bi ulazna smeša imala vlagu oko 18%, a da se nedostatak proteina, koji su poticali iz MSM-a, nadomesti proteinima PT-a, te je gornja granica udela ove sirovine podignuta na 30%.

## 5.2 Osnovna istraživanja - prvi deo

### 5.2.1 Proizvodnja snek proizvoda

Na osnovu definisanog plana istraživanja, u prvoj fazi eksperimenta pripremljeno je 11 napojnih smeša u kojima je osnovu činila kukuruzna krupica uz dodatak MSM-a i PT-a. Na početku istraživanja određen je osnovni hemijski sastav polaznih sirovina (prikazan u poglavlju Materijal i metode, tabela 3), kao i osnovni hemijski sastav smeša pripremljenih za ekstrudiranje (tabela 10). Sadržaj vlage u smešama za ekstrudiranje je bio oko 18%. Vlaga značajno utiče na proces ekstrudiranja, pa je iz tog razloga, dodavanjem vode, sadržaj vlage u svim smešama podešen na istu vrednost. Kod smeša koje su sadržale maksimalne količine MSM-a, korekcija sadržaja vlage nije bila potrebna, dok je u smeše sa nižim sadržajem vlage dodata voda u odgovarajućoj količini kako bi se postigao isti stepen vlažnosti svih ulaznih smeša.

Hemijski sastav ulaznih smeša je varirao u zavisnosti od udela početnih sirovina (tabela 3). Drugim rečima, sa dodatkom MSM-a i PT-a, rastao je udeo proteina, masti i pepela, a snižavao se udeo skroba jer je opadao udeo kukuruzne krupice u formulaciji smeše. Sa druge strane, sadržaj vlakana je rastao sa dodatkom PT-a i sa smanjenjem sadržaja MSM-a.

**Tabela 10.** Hemijski sastav (%) pripremljenih smeša

Broj smeše	Smeša	Proteini	Masti	Vlakna	Pepeo	Vlaga	Ugljeni hidrati	Skrob
1	4% MSM - 10% PT	7,94	1,68	6,84	2,27	18,03	68,10	61,36
2	12% MSM - 10% PT	8,59	2,79	6,35	2,59	17,92	66,48	56,50
3	4% MSM - 30% PT	11,30	2,67	16,47	3,14	17,89	64,27	49,57
4	12% MSM - 30% PT	11,80	3,81	16,13	3,30	17,73	61,58	49,16
5	4% MSM - 20% PT	9,94	2,19	12,28	2,82	17,90	66,34	55,28
6	12% MSM - 20% PT	9,78	3,37	12,36	2,90	18,00	65,07	52,37
7	8% MSM - 10% PT	8,78	2,24	6,57	2,49	18,14	67,70	60,78
8	8% MSM - 30% PT	10,39	3,17	16,85	3,29	17,98	64,58	47,33
9	8% MSM - 20% PT I	9,07	2,80	11,03	2,86	17,72	66,75	51,90
10	8% MSM - 20% PT II	9,27	2,77	12,24	2,84	17,80	66,58	54,93
11	8% MSM - 20% PT III	8,99	2,74	10,99	2,84	18,13	66,64	56,81

U tabeli 11. prikazani su parametri proizvodnje snek proizvoda. U toku eksperimenta definisane su tri ulazne promenljive: udeo MSM-a, udeo PT-a, i brzina obrtanja pužnice. Ostali ulazni parametri



ekstrudiranja su bili konstantni, pa su se stoga odzivni parametri postupka ekstrudiranja menjali zavisno od udela sirovina u svakoj od smeša, tj. njihovog hemijskog sastava (Sørensen, 2009) i zavisno od brzine obrtanja pužnice. Od odzivnih parametara praćeni su: temperatura u zonama 3 i 6 ekstrudera (T3 i T6), temperatura na matrici ekstrudera (Tm), obrtni moment (OM) i specifična mehanička energija (SME), koji su direktno očitani sa PLC ekrana ekstrudera.

Uređaji za kontrolu temperature u zonama 2 – 4 i 6 – 7 ekstrudera bili su podešeni na 100 °C i 120 °C, redom, ali tokom eksperimenta nije uvek moguće postići ili održati zadate temperature. Tako su u zoni 3 izmerene temperature u opsegu od 93,3 °C do 93,6 °C. Postignute temperature u zoni 6 cevi ekstrudera bile su u opsegu od 113,4 °C do 114,5 °C, dok su se temperature na matrici, odnosno na izlazu iz ekstrudera kretale u rasponu od 154 °C do 166 °C. Može se zaključiti da tokom ekstrudiranja nije bilo velikih temperaturnih razlika između različitih šarži proizvodnje.

Opterećenje motora ekstrudera se iskazuje preko obrtnog momenta u Nm (Sørensen i sar., 2009). Iz tabele 11. može se uočiti porast opterećenja motora pri povećanju BOP-a, te smanjenje OM-a pri povećanju udela PT-a u smešama. Udeo MSM-a nije imao uticaj na opterećenje motora. Povećanje obrtnog momenta, tj. opterećenja motora sa povećanjem BOP-a je očekivan rezultat jer je obrtni moment posledica otpora proticanja materijala kroz cev ekstrudera i na njega utiču brzina obrtanja puža, napunjenost cevi materijalom i viskoznost materijala (Harper, 1989). Napunjenost cevi ekstrudera materijalom je kroz eksperiment bila uvek ista jer nema promene u protoku materijala (50 kg/h). Na osnovu rezultata se vidi da je sastav smeše uticao na opterećenje motora, tj. viskoznost materijala je varirala, pre svega sa promenom udela PT-a. Sa dodatkom PT-a opadala je viskoznost materijala (tabela 13), pa je s toga opadala i vrednost obrtnog momenta.

**Tabela 11.** Parametri ekstrudiranja pripremljenih smeša u prvoj fazi istraživanja

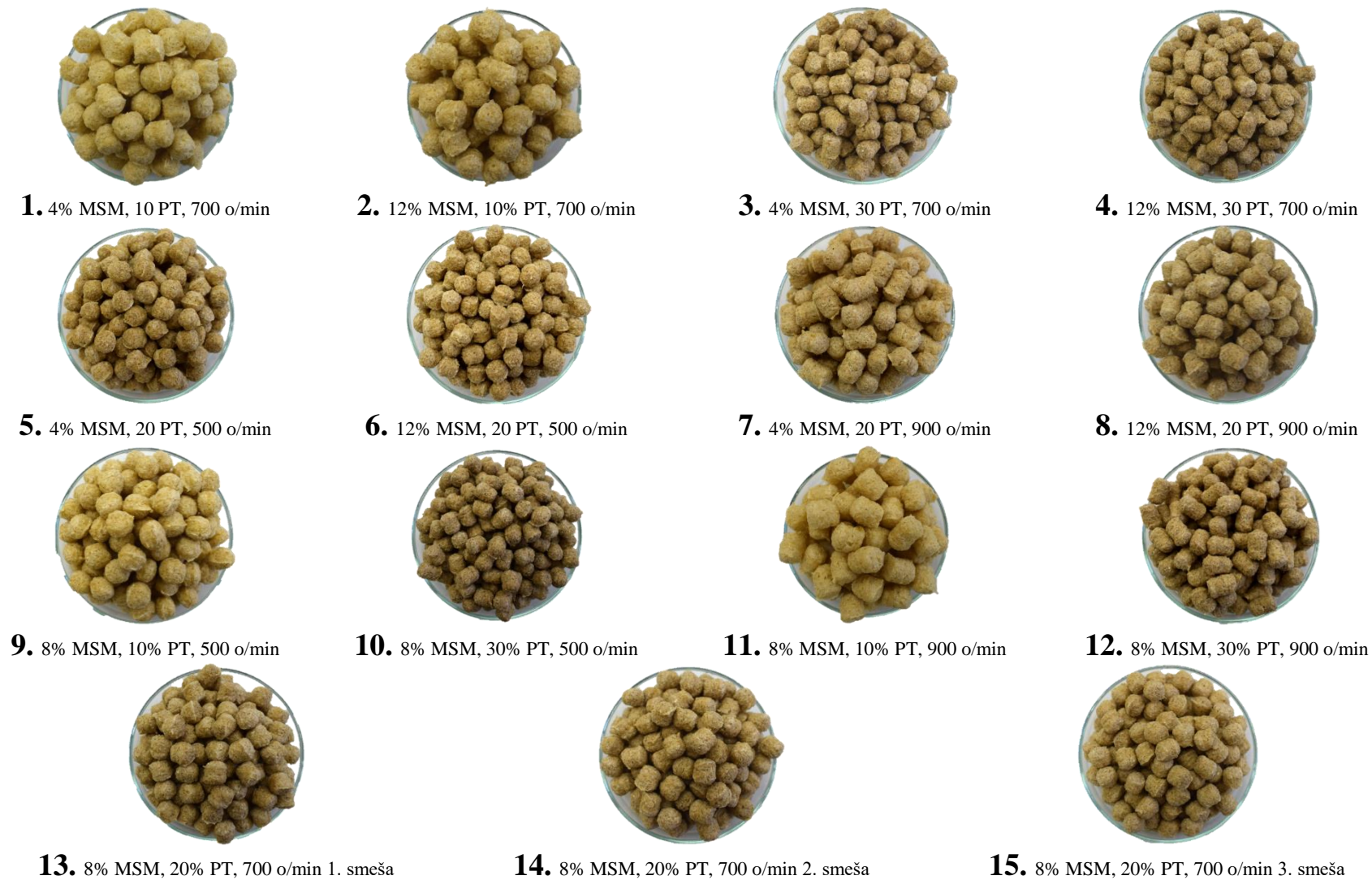
Uzorak	Smeša	BOP (rpm)	Vlaga <sup>a</sup> (%)	PM (kg/h)	T3 (°C)	T6 (°C)	Tm (°C)	OM (Nm)	OM (%)	SME (Wh/kg)	POM (mm)	BON (o/min)	Br. noževa
1	4% MSM - 10% PT	700	18,0	50	93,5	114,1	166	70,4	32	90,4	4	350	6
2	12% MSM - 10% PT	700	17,9	50	93,4	113,9	154	68,2	31	89,7	4	350	6
3	4% MSM - 30% PT	700	17,9	50	93,4	113,4	162	55,0	25	70,4	4	350	6
4	12% MSM - 30% PT	700	17,7	50	93,3	113,8	156	57,2	26	74,8	4	350	6
5	4% MSM - 20% PT	500	17,9	50	93,4	113,9	158	59,4	27	61,8	4	350	6
6	12% MSM - 20% PT	500	18,0	50	93,4	113,8	154	59,4	27	62,9	4	350	6
7	4% MSM - 20% PT	900	17,9	50	93,4	114,1	163	68,2	31	87,7	4	350	6
8	12% MSM - 20% PT	900	18,0	50	93,6	114,5	165	66,0	30	82,9	4	350	6
9	8% MSM - 10% PT	500	18,1	50	93,4	113,7	160	68,2	31	72,3	4	350	6
10	8% MSM - 30% PT	500	18,0	50	93,3	113,5	154	61,6	28	63,9	4	350	6
11	8% MSM - 10% PT	900	18,1	50	93,6	114,4	169	79,2	36	101,1	4	350	6
12	8% MSM - 30% PT	900	18,0	50	93,4	114,2	166	66,0	30	85,0	4	350	6
13	8% MSM - 20% PT I	700	17,7	50	93,6	114,0	162	57,2	26	72,6	4	350	6
14	8% MSM - 20% PT II	700	17,8	50	93,4	113,8	162	59,4	27	79,7	4	350	6
15	8% MSM - 20% PT III	700	18,1	50	93,6	113,9	162	57,2	26	72,5	4	350	6

<sup>a</sup> vlaga napojne smeše

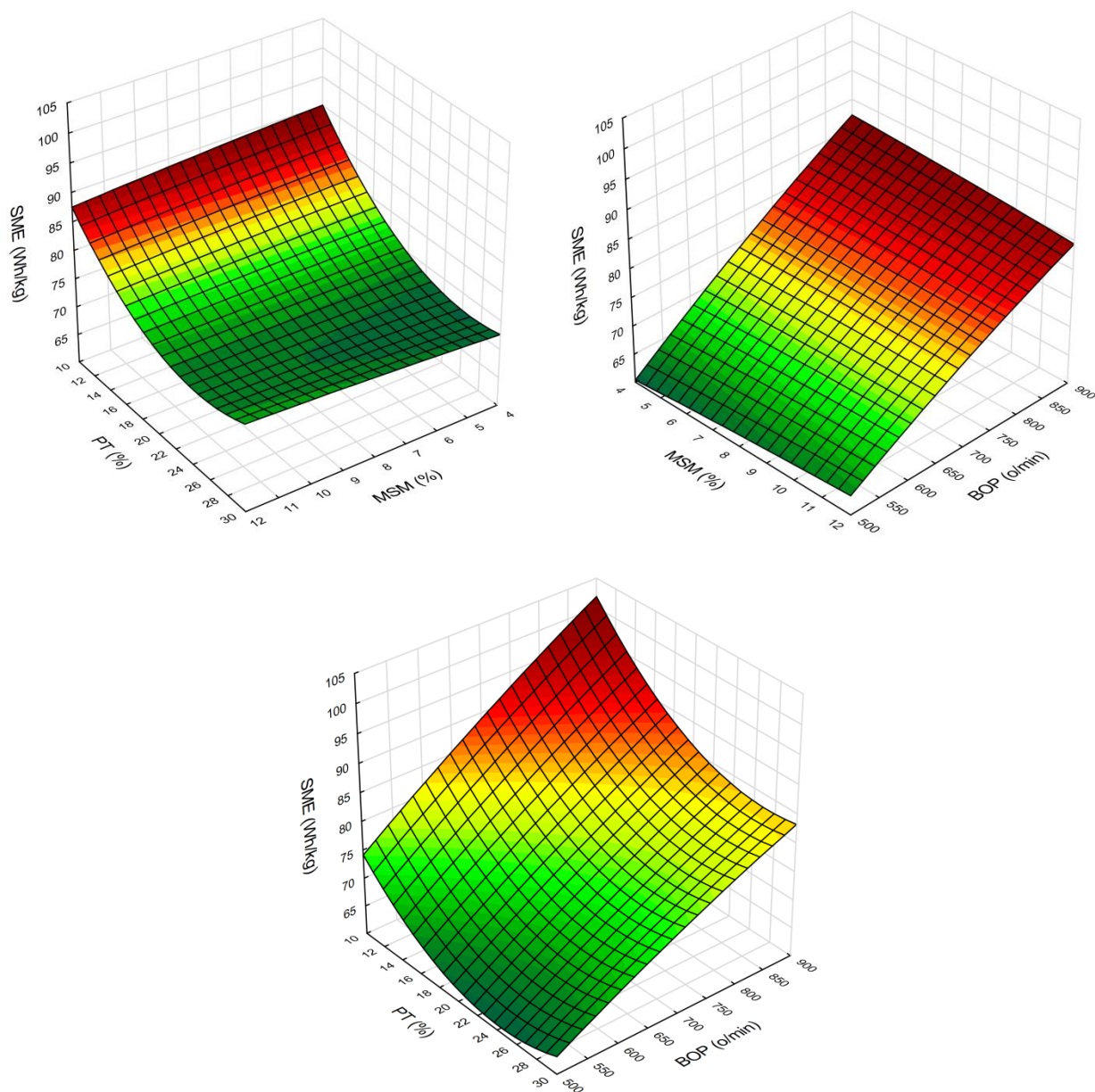
BOP – brzina obrtanja puža ; PM – protok materijala (engl. *feed rate*); T3 – temperatura u zoni 3; T6 – temperatura u zoni 6; Tm - temperatura na matrici; OM – obrtni moment; BON – brzina obrtanja noževa ; POM – prečnik otvora matrice

Specifična mehanička energija (SME) predstavlja energiju (Wh) potrebnu da se dobije kilogram ekstrudata i proporcionalna je brzini obrtanja puža i obrtnom momentu, a obrnuto proporcionalna protoku materijala, koji je tokom eksperimenta održavan na konstantnom nivou. Vrednosti SME su se kretale u dijapazonu od 61,8 Wh/kg (uzorak 5 – 4% MSM 20% PT 500 o/min) do 101,1 Wh/kg (uzorak 11 - 8% MSM 10% PT 900 o/min), što je ujedno i uzorak za koji je izmerena najveća vrednost obrtnog momenta. Iz rezultata, prikazanih u tabeli 11. i na grafiku 6., se vidi da je SME vrednost rasla sa povećanjem brzine obrtanja puža, a opadala sa dodatkom pivskog tropa. Sa povećanjem BOP-a raste i sila smicanja, te raste i SME (Pathania i sar., 2013). Opadanje vrednosti SME sa porastom udela PT-a suprotno je rezultatima koje su objavili Alam i sar. (2016), koji zaključuju da SME raste sa povećanjem sadržaja proteina i smanjenjem sadržaja skroba. Dodatak PT-a ujedno povećava sadržaj proteina i smanjuje udeo skroba u smeši. Sa druge strane dobijene izlazne vrednosti SME su bile u saglasnosti sa preliminarnim istraživanjima, u kojima je vrednost ovog parametra opadala sa dodatkom PT-a (Delić i sar., 2020), kao i sa rezultatima koje su objavili Nasciment i sar. (2017). Objašnjenje za ovakav trend može biti povećan sadržaj masti u smešama sa višim sadržajem PT, čime se smanjuje trenje unutar ekstrudera usled lubrikanstskog efekta ovih jedinjenja (Gropper i sar., 2002; Ilo i sar., 2000). Sa druge strane, usled povećanja udela vlakana došlo je do smanjenja viskoznosti smeše unutar ekstrudera (Nasciment i sar., 2017). Takođe, Vargas-Solorzano i sar. (2014) su utvrdili da smeše sa visokim udelom proteina i vlakana, te smanjenim udelom skroba, imaju niske vrednosti viskoznosti i samim tim niske vrednosti SME. Rezultati reološkog ispitivanja (tabela 21) su potvrdili ove zaključke jer se jasno vidi da su smeše sa većim udelom proteina i vlakana imale niže vrednosti viskoznosti, a takođe i niže vrednosti SME.

Na slici 27. prikazani su proizvodi dobijeni u prvoj fazi istraživanja.



Slika 27. Ekstrudati proizvedeni u prvoj fazi istraživanja



**Grafik 6.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na SME vrednosti

Tabela 12. prikazuje regresione koeficijente i analizu varijanse za specifičnu mehaničku energiju, kao izlazni parametar. Podaci pokazuju da model, sa stanovišta statistike, daje dobro predviđanje eksperimentalnih podataka.

Visoka vrednost koeficijenta determinacije ( $R^2=0,97$ ), *lack of fit* koji nije statistički značajan, kao i koeficijent varijacije čija je vrednost manja od 10, ukazuju na adekvatno fitovanje eksperimentalnih rezultata sa predloženim modelom, dok *p-vrednost* niža od 0,01 ukazuje da je model polinoma drugog

reda značajan pri nivou značajnosti 99%. Linearni koeficijenti  $b_2$  i  $b_3$  imaju statistički značajan uticaj na posmatrani odziv, tj. udeo PT-a ima statistički značajan negativan uticaj na SME, a BOP statistički značajan pozitivan uticaj. Udeo mehanički separisanog mesa nije imao statistički značajan uticaj na SME. Članovi koji pokazuju zajednički uticaj dve ulazne varijable u regresionom modelu nisu imali značajniji uticaj. Od kvadratnih članova samo udeo PT ima statistički značajan uticaj na SME.

**Tabela 12.** Regresioni koeficijenti i analiza varijanse specifične mehaničke energije (SME)

Koeficijenti	SME
$b_0$	43,36*
$b_1$	0,83
$b_2$	-2,95*
$b_3$	0,13*
$b_{12}$	0,03
$b_{13}$	-1,84E-003
$b_{23}$	-9,62E-004
$b_{11}$	-0,01
$b_{22}$	0,07*
$b_{33}$	-2,32E-005
<i>p</i> of F (model)	< 0,01
<i>Lack of fit</i>	0,75
$R^2$	0,97
CV (%)	4,32

\* Statistički značajno ( $p < 0,05$ )

$b_1$  - MSM;  $b_2$  - PT;  $b_3$  - BOP; CV – koeficijent varijacij;

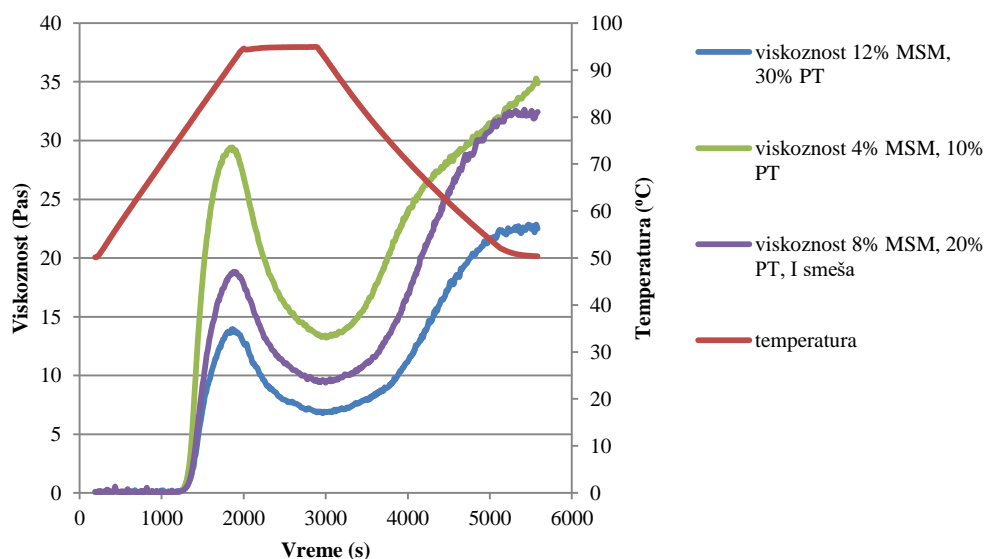
$R^2$  – koeficijent determinacije

### 5.2.2 Reološke karakteristike napojnih smeša i snek proizvoda

Reološke karakteristike, tzv. osobine pastiranja, pokazuju kako uslovi ekstrudiranja utiču na promene u strukturi skroba. Reološke karakteristike ekstrudata povezane su sa želatinizacijom i dekstrinizacijom skroba, koje su se odigrale tokom procesa ekstrudiranja. Zavisno od stepena želatinizacije skroba, posledično se formiraju ekstrudati različitih fizičkih karakteristika. Drugim rečima, reološke osobine testa/paste unutar ekstrudera imaju veliki uticaj na osnovne fizičke i teksturalne osobine ekstrudata, odnosno od njih zavisi stepen ekspanzije, a samim tim i veličina vazdušnih pora (Brennan i sar., 2013). Stoga je bitno ispitati reološke karakteristike početnih/napojnih smeša i dobijenih snek proizvoda kako bi

se bolje razumele transformacije skroba u toku procesa ekstrudiranja, koje posledično utiču na fizičko-hemijske osobine ekstrudata.

Na grafiku 7. predstavljene su krive viskoznosti u toku vremena sa promenom temperaturnog režima za tri napojne smeše: 1. smeša 4% MSM - 10% PT (smeša sa najvećim udelom kukuruzne krupice, odnosno skroba), 4. smeša 12% MSM - 30% PT (smeša sa najmanjim udelom kukuruzne krupice, odnosno skroba), 9. smeša 8% MSM - 20% PT I smeša (smeša sa srednjim udelom kukuruzne krupice, odnosno skroba). Prikazane krive napojnih smeša su pratile trend klasične promene viskoznosti skroba. Drugim rečima, odlikovale su se niskom inicijalnom viskoznošću (IV), koja sa zagrevanjem smeše dostiže svoj pik (MaxV) zbog procesa kuvanja i želatinizacije skroba, da bi potom, tokom konstantnog temperaturnog režima na 95 °C viskoznost opala dostižući minimalnu viskoznost (MinV) (Gutkoski i El-Dash, 1999). Više vrednosti MaxV u odnosu na vrednosti IV ukazuju na prisustvo neželatiniziranog skroba u napojnim smešama. Pri zadržavanju skrobne smeše na visokoj temperaturi (95 °C), javlja se pad viskoznosti kao posledica pucanja skrobnih granula i linearnog postrojanja polimernih lanaca amiloze i amilopektina (Kojić, 2018). Hlađenjem, viskoznost smeša raste kao posledica retrogradacije skroba (Gutkoski i El-Dash, 1999).



**Grafik 7.** Promena viskoznosti sa temperaturom u toku vremena kod izabranih neekstrudiranih smeša

Vrednosti merenih viskoznosti, razlika u viskoznostima i temperature želatinizacije date su u tabeli 13. Inicijalne viskoznosti smeša (IV) se nisu, međusobno statistički značajno, razlikovale i kretale su se u rasponu od 0,05 do 0,14 Pas. Ove vrednosti IV napojnih smeša su bile u skladu sa literaturom koja

sugerišu da je IV nativnog skroba približna nuli (Sebio i Chang, 2000). Sa druge strane, u istoj tabeli se vidi da je dodatak MSM-a i PT-a imao značajan uticaj na maksimalni viskozitet (MaxV). Sa dodatkom ovih komponenti značajno je opadao MaxV, dok su ostale merene viskoznosti (MinV, R, FV, Ret) statistički značajno opale samo sa dodatkom PT-a. Manje vrednosti izmerenih viskoznosti su posledica smanjenja sadržaja kukuruzne krupice, tj. skroba u smešama sa dodatkom neskrobnih komponenti (Ragae i Abdel-Aal, 2006), kao i dodatka nerastvorljivih prehrambenih vlakna (Yadav i sar., 2010), inkorporacijom PT-a. Prisustvo higroskopnih supstanci, kao što su prehrambena vlakna, negativno utiče na bubrenje molekula skroba, jer vezuju dostupnu vodu, te smanjuju vrednosti MaxV (Karkle i sar., 2012; Tacer-Caba i sar., 2014). Quadir i Wani (2023) su, takođe, uvideli da dodatak proteina i vlakana smanjuje vrednosti MaxV, R, Ret, FV, a što su objasnili smanjenjem koncentracije želatiniziranog skroba, tj. inhibicijom mogućnosti skroba da veže vodu i nabubri, i time poveća viskoznost.

Raspon vrednosti MaxV je bio od 14,24 do 28,54 Pas, dok je dijapazon vrednosti finalnih viskoznosti (FV), merenih na kraju procesa hlađenja, bio 24,99 – 37,33 Pas. Veće vrednosti FV u odnosu na vrednosti MaxV su posledica retrogradacije skroba, odnosno procesa u kome se pokidani lanci amiloze i amilopektina reorganizuju kako bi formirali uređenu strukturu (Clerici & El-Dash, 2008; Sandrin i sar., 2018). Drugim rečima, formira se rigidni gel koji je otporan na smicanje, te raste viskoznost (Al-Attar i sar., 2022). Temperatura početka želatinizacije (Tg), odnosno temperatura na kojoj počinje da raste viskoznost (Al-Attar i sar., 2022), nije se statistički značajno razlikovala između smeša.



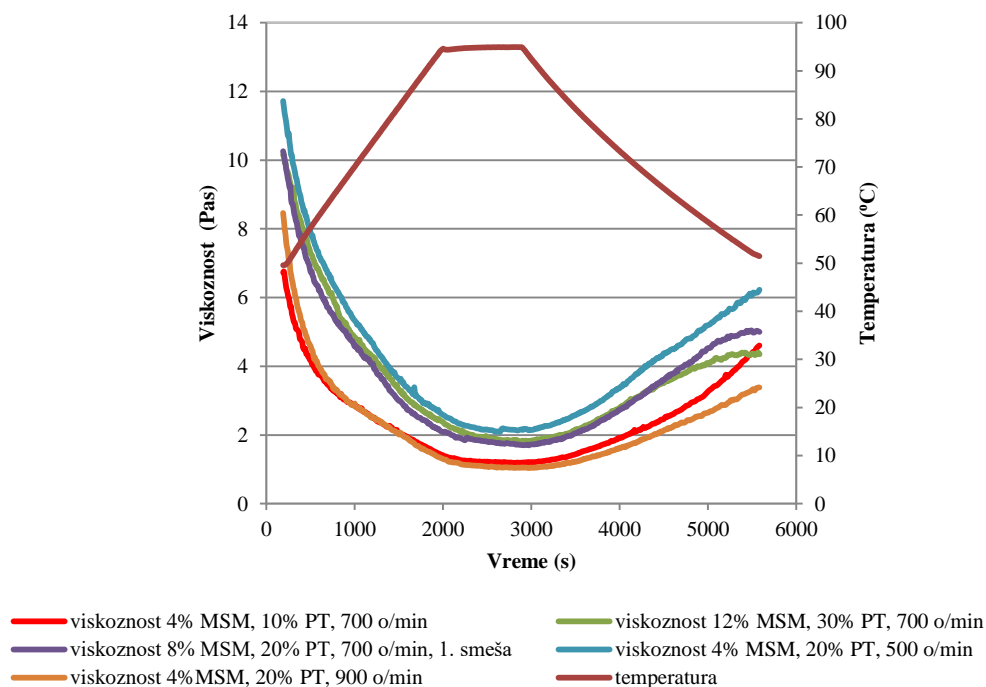
**Tabela 13.** Reološke karakteristike početnih/napojnih smeša

Smeše	IV (Pas)	MaxV (Pas)	Tg (°C)	MinV (Pas)	R (Pas)	FV (Pas)	Ret (Pas)
4% MSM - 10% PT	0,09 ± 0,02 <sup>a,b</sup>	28,54 ± 0,77 <sup>a</sup>	76,6 ± 0,06 <sup>a,b,d</sup>	12,79 ± 0,52 <sup>a</sup>	15,75 ± 0,43 <sup>a</sup>	37,33 ± 0,65 <sup>a</sup>	22,69 ± 1,21 <sup>a</sup>
12% MSM - 10% PT	0,14 ± 0,04 <sup>b</sup>	23,13 ± 0,32 <sup>b</sup>	76,85 ± 0,05 <sup>a,b,c</sup>	10,45 ± 0,16 <sup>b</sup>	12,68 ± 0,43 <sup>b</sup>	35,48 ± 0,68 <sup>b</sup>	26,87 ± 0,50 <sup>b</sup>
4% MSM - 30% PT	0,08 ± 0,06 <sup>a,b</sup>	17,64 ± 0,39 <sup>c</sup>	76,71 ± 0,08 <sup>a,b,d</sup>	7,97 ± 0,31 <sup>c,d,e</sup>	9,67 ± 0,50 <sup>c,d</sup>	26,99 ± 0,23 <sup>c</sup>	19,02 ± 0,28 <sup>c,f</sup>
12% MSM - 30% PT	0,06 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	14,24 ± 0,26 <sup>d</sup>	76,94 ± 0,06 <sup>a,b,c</sup>	7,03 ± 0,22 <sup>d</sup>	7,21 ± 0,09 <sup>e</sup>	22,49 ± 0,41 <sup>d</sup>	15,46 ± 0,56 <sup>d</sup>
4% MSM - 20% PT	0,05 ± 0,01 <sup>a</sup>	22,71 ± 0,69 <sup>b</sup>	76,51 ± 0,17 <sup>a,d</sup>	8,63 ± 0,25 <sup>c,f</sup>	14,08 ± 0,89 <sup>b,f</sup>	30,29 ± 0,17 <sup>e</sup>	21,66 ± 0,14 <sup>b,e</sup>
12% MSM - 20% PT	0,07 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	17,70 ± 0,57 <sup>c</sup>	76,81 ± 0,08 <sup>a,b,c</sup>	8,37 ± 0,31 <sup>c,e</sup>	9,33 ± 0,56 <sup>c</sup>	31,29 ± 0,69 <sup>e</sup>	22,92 ± 0,61 <sup>c</sup>
8% MSM - 10% PT	0,05 ± 0,02 <sup>a</sup>	25,59 ± 1,29 <sup>e</sup>	76,33 ± 0,36 <sup>d</sup>	10,64 ± 0,80 <sup>b</sup>	14,94 ± 0,68 <sup>a,f</sup>	35,67 ± 0,45 <sup>b</sup>	25,03 ± 0,38 <sup>a,e</sup>
8% MSM - 30% PT	0,12 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	15,04 ± 0,04 <sup>d</sup>	76,55 ± 0,09 <sup>a,d</sup>	7,53 ± 0,14 <sup>d,e</sup>	7,51 ± 0,10 <sup>e</sup>	24,99 ± 0,44 <sup>f</sup>	17,46 ± 0,30 <sup>d</sup>
8% MSM - 20% PT I	0,07 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	19,01 ± 0,20 <sup>c,f</sup>	77,20 ± 0,05 <sup>c</sup>	9,63 ± 0,16 <sup>b,f,g</sup>	9,38 ± 0,10 <sup>c</sup>	32,60 ± 0,14 <sup>g</sup>	22,97 ± 0,03 <sup>c</sup>
8% MSM - 20% PT II	0,14 ± 0,03 <sup>b</sup>	19,40 ± 0,71 <sup>c,f</sup>	76,94 ± 0,13 <sup>a,b,c</sup>	9,85 ± 0,33 <sup>b,g</sup>	9,56 ± 0,41 <sup>c,d</sup>	32,69 ± 0,03 <sup>g</sup>	22,84 ± 0,36 <sup>c,f</sup>
8% MSM - 20% PT III	0,06 ± 0,00 <sup>a</sup>	19,73 ± 0,93 <sup>f</sup>	76,99 ± 0,18 <sup>b,c</sup>	8,84 ± 0,25 <sup>c,f,g</sup>	10,89 ± 0,68 <sup>d</sup>	28,74 ± 0,40 <sup>h</sup>	19,90 ± 0,23 <sup>f</sup>

<sup>a-h</sup>Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

IV - inicijalna viskoznost smeše (Pas); Tg- temperatura početka želatinizacije (°C), odnosno temperatura u trenutku početka rasta viskoznosti; MaxV - maksimalna viskoznost (Pas); MinV - minimalna viskoznost na 95 °C (Pas); FV - finalna viskoznost na 50 °C (Pas); R - iznos razrušavanja strukture skroba (Pas) = MaxV- MinV; Ret - iznos retrogradacije SBV = FV- Mi

Kod svih ekstrudiranih snek proizvoda krive pastiranja nisu imale trend tipičan za promenu viskoznosti u toku vremena pri želatinizaciji skroba, kao što je to bio slučaj sa smešama, već su imale trend prikazan na grafiku 8. Ove krive se odlikuju visokim vrednostima IV, kao i odsustvom pika (MaxV), štaviše viskoznost opada pri zagrevanju smeše, što ukazuje na to da je sav skrob želatinizirao u toku ekstrudiranja (Gutkoski, i El-Dash, 1999; Nascimento i sar., 2012). MaxV je posledica bubrenja neoštećenih molekula skroba (Kokić, 2017), te njegovo odsustvo ukazuje da je u toku ekstrudiranja došlo do razgradnje pomenutih molekula. IV kod ekstrudiranih uzoraka kretao se u opsegu od 5,71 do 12,75 Pas (tabela 14), dok su se inicijalne viskoznosti početnih smeša odlikovale mnogo nižim vrednostima (0,05 - 0,14 Pas), što je u skladu sa rezultatima koje su publikovali Sandrin i sar. (2018), Souza i sar., (2011) i Zeng i sar., (2011). Visoke IV ekstrudiranih uzoraka su posledica brze apsorpcije vode od strane želatiniziranih molekula skroba, tj. posledica prisustva veće količine rastvorljivih molekula u ekstrudatima u odnosu na netretirane napojne smeše. Svi ekstrudirani uzorci odlikuju se nižim vrednostima MinV u odnosu na odgovarajuće napojne smeše, jer zagrevanje paste koja je želatinizirala izaziva smanjenje viskoznosti usled razređenja te paste (Sandrin i sar., 2017). Finalna viskoznost napojnih smeša (24,99 - 37,33 Pas) je bila viša od finalne viskoznosti ekstrudiranih snek proizvoda (3,38 - 6,23 Pas), što implicira da je stepen retrogradacije bio niži kod ekstrudata, jer je kod njih došlo do mehaničkog i termičkog oštećenja skrobnih molekula. Razorene skrobne strukture podležu retrogradaciji isto kao i nativni skrob, međutim formiraju drugačije strukturirane gelove (Wang i sar., 2015).



**Grafik 8.** Promena viskoznosti sa temperaturom u toku vremena kod izabranih ekstrudiranih snek proizvoda

**Tabela 14.** Reološke karakteristike ekstrudata

Uzorak	IV (Pas)	MaxV (Pas)	Tg (°C)	MinV (Pas)	R (Pas)	FV (Pas)	Ret (Pas)
1	6,41 ± 0,31 <sup>a</sup>	/	/	1,18 ± 0,01 <sup>a,f</sup>	/	4,46 ± 0,14 <sup>a,b,i</sup>	3,28 ± 0,13 <sup>a,b,c</sup>
2	6,25 ± 0,26 <sup>a,i</sup>	/	/	0,83 ± 0,03 <sup>b</sup>	/	4,39 ± 0,27 <sup>a,b,c,i</sup>	3,56 ± 0,30 <sup>b,c</sup>
3	12,73 ± 0,31 <sup>b</sup>	/	/	1,94 ± 0,06 <sup>c,d</sup>	/	4,76 ± 0,04 <sup>b,h,i</sup>	2,82 ± 0,03 <sup>a,d,e</sup>
4	10,15 ± 0,16 <sup>c,j</sup>	/	/	1,83 ± 0,10 <sup>c</sup>	/	4,33 ± 0,04 <sup>a,b,c</sup>	2,50 ± 0,14 <sup>e,f</sup>
5	11,75 ± 0,21 <sup>d</sup>	/	/	2,09 ± 0,01 <sup>d,e</sup>	/	6,25 ± 0,09 <sup>d</sup>	4,16 ± 0,10 <sup>g</sup>
6	10,90 ± 0,25 <sup>e,h</sup>	/	/	1,88 ± 0,08 <sup>c,d</sup>	/	5,64 ± 0,19 <sup>e,f</sup>	3,75 ± 0,26 <sup>c,g</sup>
7	8,46 ± 0,03 <sup>f</sup>	/	/	1,03 ± 0,18 <sup>a,b</sup>	/	3,37 ± 0,06 <sup>g</sup>	2,34 ± 0,12 <sup>e,f</sup>
8	9,69 ± 0,17 <sup>c,g</sup>	/	/	1,33 ± 0,01 <sup>f</sup>	/	4,01 ± 0,04 <sup>a,c</sup>	2,68 ± 0,03 <sup>d,e</sup>
9	9,19 ± 0,42 <sup>g</sup>	/	/	1,89 ± 0,14 <sup>c,d</sup>	/	6,08 ± 0,02 <sup>d,f</sup>	4,20 ± 0,12 <sup>g</sup>
10	11,32 ± 0,12 <sup>d,h</sup>	/	/	2,19 ± 0,07 <sup>e</sup>	/	5,26 ± 0,03 <sup>e,j</sup>	3,07 ± 0,04 <sup>a,b,d</sup>
11	5,70 ± 0,08 <sup>i</sup>	/	/	0,88 ± 0,01 <sup>b</sup>	/	3,99 ± 0,21 <sup>c</sup>	3,11 ± 0,21 <sup>a,b,d</sup>
12	10,24 ± 0,23 <sup>c,e,j</sup>	/	/	1,33 ± 0,01 <sup>f</sup>	/	3,40 ± 0,37 <sup>g</sup>	2,06 ± 0,38 <sup>f</sup>
13	10,02 ± 0,26 <sup>c,j</sup>	/	/	1,72 ± 0,02 <sup>e</sup>	/	5,13 ± 0,12 <sup>h,j</sup>	3,41 ± 0,10 <sup>b,c</sup>
14	10,39 ± 0,04 <sup>e,j</sup>	/	/	1,71 ± 0,02 <sup>c</sup>	/	4,85 ± 0,14 <sup>h,i,j</sup>	3,14 ± 0,16 <sup>a,b,d</sup>
15	10,55 ± 0,04 <sup>e,j</sup>	/	/	1,76 ± 0,14 <sup>c</sup>	/	5,04 ± 0,02 <sup>h,j</sup>	3,28 ± 0,16 <sup>a,b,c</sup>

<sup>a-j</sup> Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

IV - inicijalna viskoznost smeše (Pas); Tg- temperatura početka želatinizacije (°C), odnosno temperatura u trenutku početka rasta viskoznosti; MaxV - maksimalna viskoznost (Pas); MinV - minimalna viskoznost na 95 °C (Pas); FV - finalna viskoznost na 50 °C (Pas); R - iznos razrušavanja strukture skroba (Pas) = MaxV- MinV; Ret - iznos retrogradacije SBV = FV- MinV;

Statistički značajno ( $p < 0,05$ ) niže vrednosti IV, MinV i FV među ekstrudatima zabeležene su kod onih proizvedenih pri brzini obrtanja puža od 900 o/min u poređenju sa ekstrudatima dobijenim pri brzini od 500 o/min. Ovi rezultati nisu u skladu sa rezultatima koje su objavili Sandrin i sar. (2017), s obzirom da su ovi autori utvrdili da se ekstrudati koji su dobijeni pri nižim brzinama obrtanja puža odlikuju i nižim parametrima pastiranja. Sa druge strane, Wani i Kumar (2019) i Yu i sar. (2023) su dobili slične rezultate poput predstavljenih, odnosno registrovali su sniženje reoloških parametara ekstrudata pri porastu temperature i brzine obrtanja puža. Treba imati u vidu da reološke karakteristike ne zavise samo od želatinizacije, već i od dekstrinizacije skroba. Dekstrinizacija skroba se obično odigrava pri ekstremnim procesnim uslovima (visoke temperature ili velika brzina obrtanja puža), i obrnuto je proporcionalna viskoznosti, odnosno utiče na pad viskoznosti. Usled dekstrinizacije kidaju se lanci amiloze i amilopektina, skrob ne može da apsorbuje vodu i bubri, te se smanjuje i viskozitet (Gomez i Aguilera, 1984; Wani i Kumar., 2019).

Vrednosti IV i MinV ekstrudata su rastle sa dodatkom PT-a, suprotno od neekstrudiranih smeša gde su reološki parametri opadali sa dodatkom PT. Jedno od objašnjenja može biti da su se pri ekstrudiranju nerastvorljiva vlakana prevela u rastvorljiva, te više molekula vezuje vodu i bubri, a posledično raste viskoznost. IV raste pri porastu sile smicanja (Lam i Flores, 2003), što je rezultat uvođenja vlakana i proteina dodatkom PT-a u formulaciju. Takođe, usled veće hidratacije molekula veća je i viskoznost (Srichuwong i sar., 2005). Dodatak MSM-a nije pokazao jasan trend uticaja na reološke karakteristike snek proizvoda.

### 5.2.3 Nutritivne karakteristike snek proizvoda

U daljem toku istraživanja okarakterisani su proizvedeni snek proizvodi/ekstrudati sa nutritivnog i fizičkog (osnovne fizičke karakteristike, teksturne karakteristike i karakteristike boje) aspekta.

Hemijski sastav proizvedenih snek proizvoda prikazan je tabeli 15. Sadržaj proteina se kretao u opsegu od 8,42% do 12,35%, sadržaj masti od 0,28% do 1,79%, a sadržaj pepela od 2,71% do 3,51%. Najniže vrednosti sadržaja proteina, masti i pepela su registrovane kod uzorka 1, u kome je deo krupice substituisan sa 4% MSM-a i 10% PT-a, dok je uzorak sa najvišim vrednostima ovih nutritivnih parametara bio uzorak 4 (12% MSM-a i 30% PT-a), odnosno uzorak sa najmanjim udelom kukuruzne krupice u svojoj formulaciji. Ovakvi rezultati se mogu objasniti hemijskim karakteristikama polaznih sirovina, predstavljenih u tabeli 3, iz koje se jasno vidi da se MSM i PT odlikuju višim sadržajima proteina, masti i pepela od kukuruzne krupice. Upravo su uzorci 1 i 4, snek proizvodi sa najmanjim i najvećim udelom MSM-a i PT-a, redom.

Najniži sadržaj vlakana (6,85% i 6,82%) detektovan je u uzorcima 2 i 9 (redom), dok se najvišim udelom vlakana odlikovao uzorak 3 (17,01%). Uzorak 2 se odlikuje najmanjim udelom kukuruzne krupice i PT-a,

sirovinama koje su izvor vlakana u ovim snek proizvodima. Sa druge strane, uzorak 3 je dobijen ekstrudiranjem smeše (4% MSM 30% PT) koja se odlikovala najvećim udelom ove dve sirovine, kukuruzne krupice i pivskog tropa. Svi ekstrudati imaju sadržaj vlakana preko 6%, te se mogu deklarirati kao proizvod „bogat vlaknima“ prema Pravilniku o prehranbenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane („Sl. glasnik RS“, br. 51/2018 i 103/2018).

Brzina obrtanja puža nije pokazala statistički značajan uticaj na nutritivne karakteristike snek proizvoda (tabela 14), odnosno nisu registrovane statistički značajne razlike u ispitanim karakteristikama između proizvoda istih formulacija, a proizvedenih sa različitim BOP-a. Sa porastom brzine obrtanja puža raste i udeo proteina, masti, vlakana i pepela, ali taj porast nije značajan. Do ovog porasta dolazi usled smanjenja sadržaja vlage krajnjeg proizvoda, tj. koncentrisanja suve materije usled veće ekspanzije ekstrudata, odnosno usled isparavanja veće količine vode pri izlasku iz ekstrudera (Bouzaza i sar., 1996; Guy, 2001).

U tabeli 16., prikazani su regresioni koeficijenti i analiza varijanse za sadržaj proteina i vlakana u proizvedenim uzorcima. Oba modela su statistički značajna ( $p < 0,05$ ), sa visokim  $R^2$  vrednostima, *lack of fit* parametarom koji nije bio statistički značajan i niskim koeficijentom varijacije. Na sadržaj proteina, statistički značajan uticaj su imali udeli MSM-a i PT-a, dok je na sadržaj vlakana statistički značajan uticaj imao samo udeo PT-a, što potvrđuju i dijagrami predstavljeni na graficima 9. i 10. PT korišćen u ovom eksperimentu je sadržao 45,59% vlakana, te je očekivano imao značajan uticaj na sadržaj vlakana u snek proizvodima. Svakako, porastom sadržaja MSM-a smanjuje se udeo kukuruzne krupice, druge sirovine nosioca vlakana, stoga je očekivano da je dodatak MSM-a imao negativan uticaj na sadržaj vlakana. Međutim, taj uticaj nije bio statistički značajan jer je udeo MSM-a u formulaciji proizvoda bio umnogome manji od udela PT-a. Dodatno, kukuruzna krupica sadrži samo 5,73% vlakana, što je skoro 8 puta manje od sadržaja vlakana u PT-u.

Tabela 15. Hemijski sastav dobijenih ekstrudata

Uzorak	Proteini (%)	Masti (%)	Vlakna (%)	Pepeo (%)	Vlaga (%)	Ugljeni hidrati (%)	Skrob (%)
1	8,42 ± 0,76 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,02 <sup>a</sup>	7,41 ± 1,01 <sup>a</sup>	2,71 ± 0,06 <sup>a</sup>	9,46 ± 0,05 <sup>a</sup>	79,14 ± 0,12 <sup>a</sup>	69,18 ± 0,14 <sup>a</sup>
2	10,85 ± 0,03 <sup>b,c,d,e</sup>	0,73 ± 0,01 <sup>b,h</sup>	6,85 ± 0,56 <sup>a</sup>	2,98 ± 0,01 <sup>b,e</sup>	9,92 ± 0,04 <sup>b</sup>	75,52 ± 0,01 <sup>b,c,d,e</sup>	64,91 ± 0,05 <sup>b</sup>
3	11,24 ± 0,40 <sup>d,e</sup>	1,05 ± 0,02 <sup>c,d</sup>	17,01 ± 0,95 <sup>b</sup>	3,57 ± 0,03 <sup>c</sup>	10,05 ± 0,05 <sup>c,d</sup>	74,09 ± 0,41 <sup>b,c,f</sup>	55,3 ± 0,05 <sup>c</sup>
4	12,35 ± 0,03 <sup>e</sup>	1,79 ± 0,02 <sup>e</sup>	16,60 ± 0,55 <sup>b</sup>	3,85 ± 0,01 <sup>d</sup>	10,10 ± 0,02 <sup>d</sup>	71,91 ± 0,02 <sup>g</sup>	48,46 ± 0,03 <sup>d</sup>
5	10,23 ± 0,89 <sup>b,c,d</sup>	0,68 ± 0,03 <sup>b,f</sup>	12,23 ± 1,78 <sup>c</sup>	3,13 ± 0,09 <sup>e,f</sup>	10,25 ± 0,01 <sup>e</sup>	75,71 ± 0,86 <sup>c,d,e</sup>	58,23 ± 0,01 <sup>e</sup>
6	11,03 ± 0,72 <sup>c,d,e</sup>	1,23 ± 0,03 <sup>d,g</sup>	11,75 ± 1,81 <sup>c</sup>	3,31 ± 0,02 <sup>f,g</sup>	10,74 ± 0,06 <sup>f</sup>	73,68 ± 0,69 <sup>b,f,g</sup>	61,43 ± 0,01 <sup>f</sup>
7	10,94 ± 0,88 <sup>b,c,d</sup>	0,89 ± 0,23 <sup>c,h</sup>	12,53 ± 1,01 <sup>c</sup>	3,15 ± 0,02 <sup>e,f,g</sup>	9,42 ± 0,01 <sup>a</sup>	76,27 ± 1,14 <sup>d,e,h</sup>	60,87 ± 0,09 <sup>f</sup>
8	11,28 ± 1,46 <sup>d,e</sup>	1,25 ± 0,02 <sup>g</sup>	12,35 ± 0,77 <sup>c</sup>	3,33 ± 0,03 <sup>g,h</sup>	9,99 ± 0,04 <sup>b,c</sup>	74,16 ± 0,50 <sup>b,c,f</sup>	61,32 ± 0,07 <sup>f</sup>
9	9,52 ± 0,06 <sup>a,b</sup>	0,50 ± 0,02 <sup>f,i</sup>	6,82 ± 0,59 <sup>a</sup>	2,86 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	10,27 ± 0,03 <sup>e</sup>	76,86 ± 0,04 <sup>e,h</sup>	65,52 ± 0,05 <sup>b</sup>
10	11,50 ± 0,05 <sup>d,e</sup>	1,41 ± 0,01 <sup>g</sup>	15,82 ± 0,93 <sup>b,d</sup>	3,51 ± 0,14 <sup>c,h</sup>	10,59 ± 0,02 <sup>g</sup>	72,99 ± 0,15 <sup>f,g</sup>	49,27 ± 0,03 <sup>d</sup>
11	9,37 ± 0,04 <sup>a,b</sup>	0,44 ± 0,02 <sup>a,i</sup>	7,20 ± 0,88 <sup>a</sup>	2,88 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	9,21 ± 0,04 <sup>h</sup>	78,11 ± 0,05 <sup>a,h</sup>	65,36 ± 0,09 <sup>b</sup>
12	11,43 ± 0,20 <sup>d,e</sup>	1,28 ± 0,02 <sup>g</sup>	16,94 ± 0,64 <sup>b</sup>	3,51 ± 0,14 <sup>c,h</sup>	9,63 ± 0,01 <sup>i</sup>	73,93 ± 0,32 <sup>b,c,f</sup>	52,51 ± 0,02 <sup>g</sup>
13	10,48 ± 0,18 <sup>b,c,d</sup>	0,98 ± 0,03 <sup>c</sup>	11,72 ± 0,20 <sup>c</sup>	3,22 ± 0,08 <sup>f,g</sup>	10,43 ± 0,03 <sup>j</sup>	74,96 ± 0,12 <sup>b,c,d,e</sup>	61,11 ± 0,07 <sup>f</sup>
14	10,88 ± 0,72 <sup>b,c,d,e</sup>	0,91 ± 0,04 <sup>b,c</sup>	13,08 ± 0,54 <sup>c,d</sup>	3,23 ± 0,03 <sup>f,g</sup>	10,00 ± 0,01 <sup>b,c</sup>	74,26 ± 1,54 <sup>b,c,f</sup>	60,52 ± 0,03 <sup>f</sup>
15	10,74 ± 0,72 <sup>b,c,d,e</sup>	1,06 ± 0,03 <sup>c,d</sup>	11,27 ± 0,63 <sup>c</sup>	3,22 ± 0,01 <sup>f,g</sup>	10,59 ± 0,03 <sup>g</sup>	74,39 ± 0,72 <sup>b,c,d,f</sup>	61,24 ± 0,15 <sup>f</sup>

<sup>a-h</sup> Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

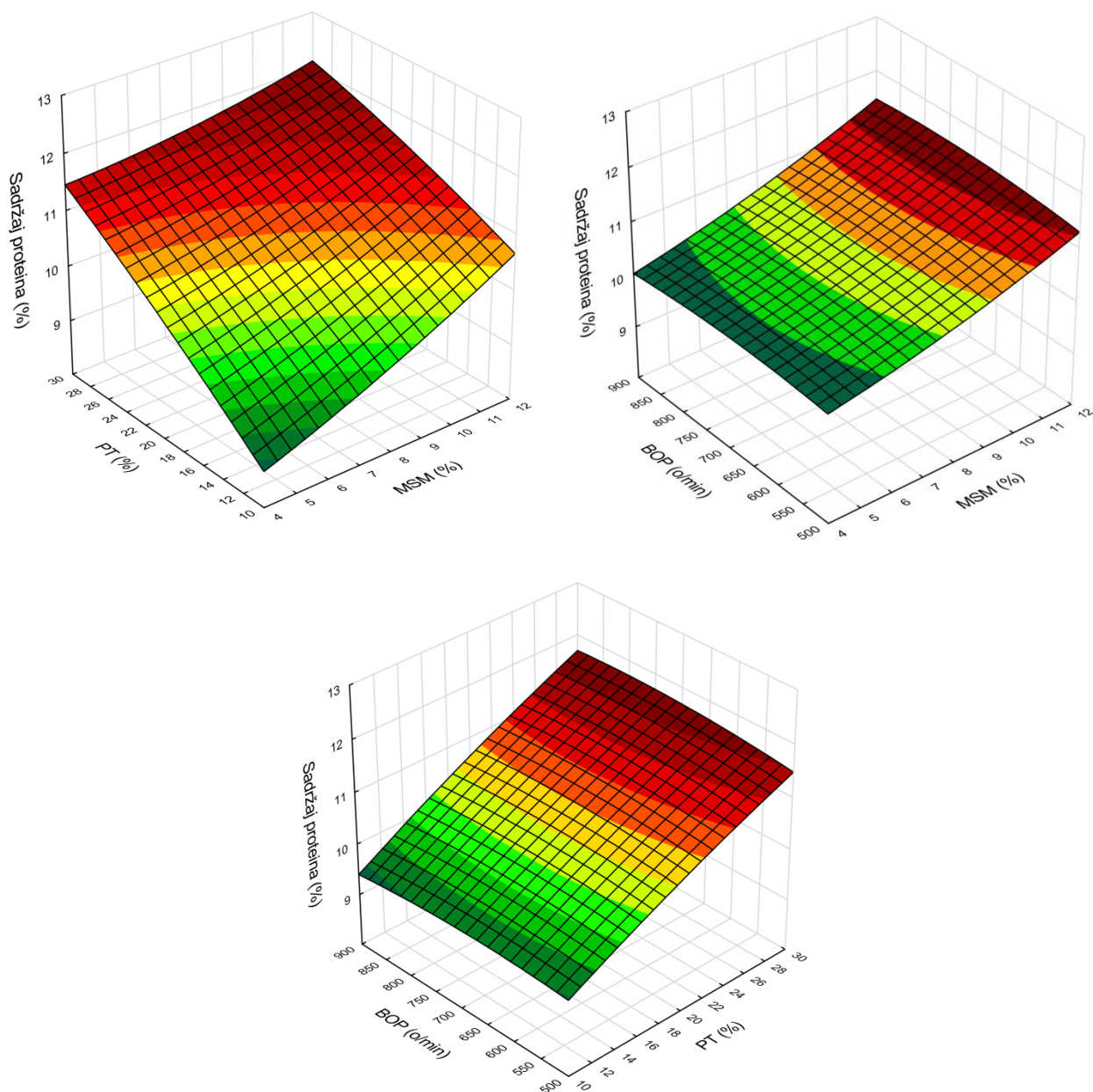
**Tabela 16.** Regresioni koeficijenti i analiza varijanse za sadržaj proteina i vlakana

Koeficijenti	Sadržaj proteina	Sadržaj vlakana
$b_0$	4,66*	3,13*
$b_1$	0,20*	-0,37
$b_2$	0,24*	0,52*
$b_3$	2,94E-003	2,85E-004
$b_{12}$	-8,25E-003	9,38E-004
$b_{13}$	-1,43E-004	9,38E-005
$b_{23}$	1,00E-005	9,25E-005
$b_{11}$	0,01	0,01
$b_{22}$	-2,00E-003	-2,87E-003
$b_{33}$	-1,10E-006	-9,90E-007
$p$ of F (model)	< 0,01	< 0,01
Lack of fit	0,12	0,99
$R^2$	0,93	0,99
CV (%)	4,16	5,13

\* Statistički značajno ( $p < 0,05$ )

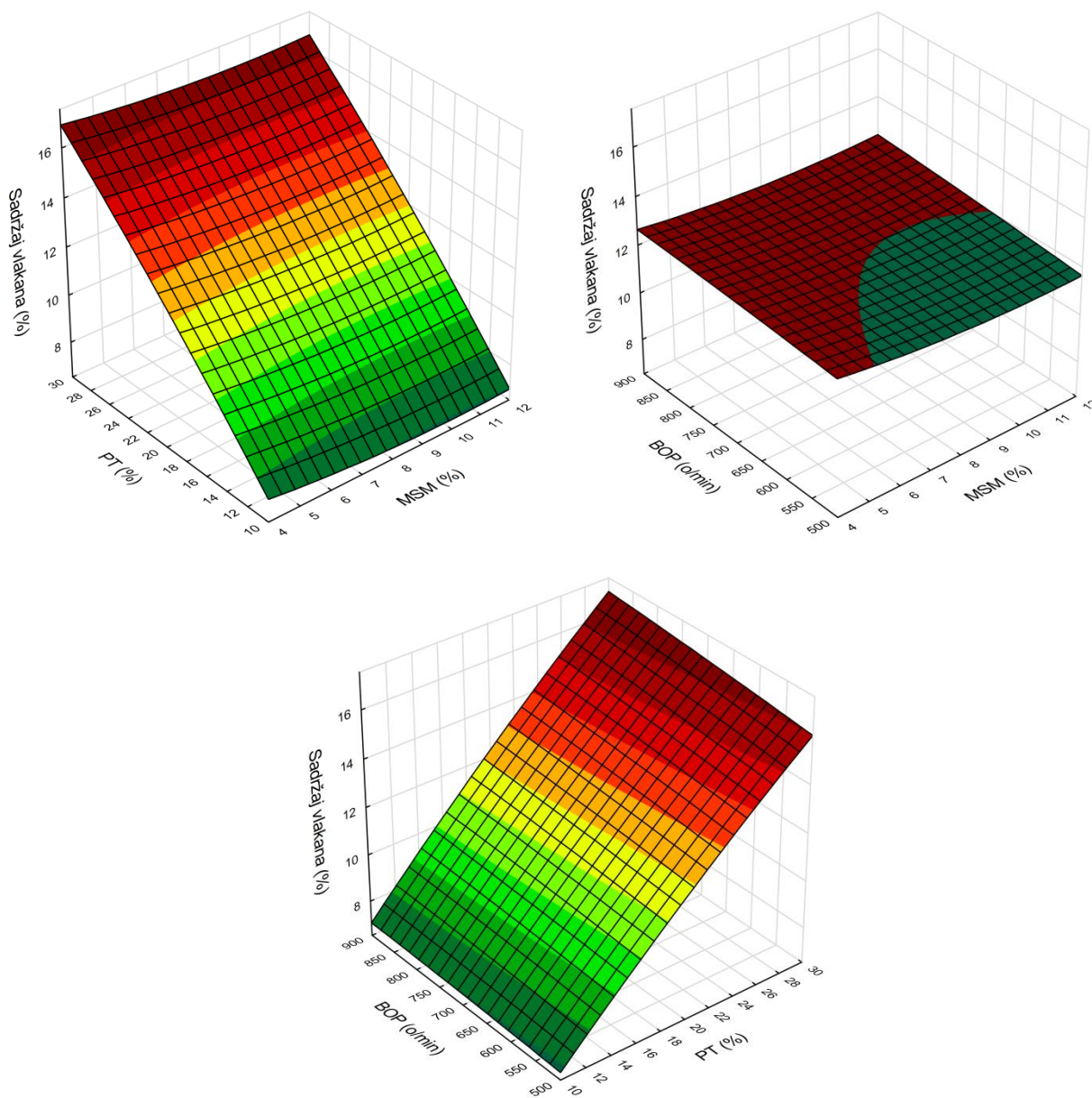
$b_1$  - sadržaj mehanički separisanog mesa;  $b_2$  - sadržaj pivskog tropa;  $b_3$  - brzina obrtanja puža; CV – koeficijent varijacije;  $R^2$  – koeficijent determinacije

Poredeći hemijski sastav početnih smeša i dobijenih ekstrudata/snek proizvoda, vidi se porast sadržaja proteina, vlakana, pepela, ugljenih hidrata i skroba, na račun smanjenja sadržaja vlage, jer na izlazu iz ekstrudera isparava voda kao posledica razlike pritiska (Bouzaza i sar., 1996; Guy, 2001). Sa druge strane, nakon ekstrudiranja, smanjen je sadržaj masti, što je u saglasnosti sa prethodno publikovanim rezultatima od strane Félix-Medina i sar. (2020) i Yağcı i sar. (2020), koji su smanjenje količine lipida nakon ekstrudiranja objasnili formiranjem kompleksa između skroba i masti, odnosno između masnih kiselina i amiloze (Alam i sar, 2015; Camire, 2002;). Takođe, tokom ekstrudiranja, masti se tope usled visoke procesne temperature, koja je značajno viša od njihove tačke topljenja (<40 °C), te migriraju na površinu „testa“ u ekstuderu i ostaju na zidovima uređaja (De Pilli i sar., 2005).



**Grafik 9.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na sadržaj proteina u ekstrudatima





**Grafik 10.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na sadržaj vlakana u ekstrudatima

### 5.2.4 Lateralna ekspanzija, dužina i nasipna masa snek proizvoda

Osnovne fizičke karakteristike/dimenzije su veoma bitna karakteristika ekstrudata. One ukazuju na stepen ekspanzije ekstrudata koji je dalje direktno povezan sa teksturalnim karakteristikama ekstrudata (Anton i sar., 2009). Od osnovnih fizičkih karakteristika u ovom istraživanju merena je lateralna ekspanzija, dužina i nasipna masa dobijenih ekstrudata (tabela 17). Lateralna ekspanzija ekstrudata se kretala u opsegu od 104,50% (uzorak 10) do 223,00% (uzorak 2), dužina ekstrudata je varirala od 9,99 mm (uzorak 6) do 16,27 mm (uzorak 11), dok je najniža vrednost nasipne mase utvrđena za uzorak 1 (80,77 g/l), a najviša za uzorak 10 (225,57 g/l).

**Tabela 17.** Osnovne fizičke karakteristike dobijenih ekstrudata

Uzorak	Lateralna ekspanzija (%)	Dužina (mm)	Nasipna masa (g/l)
1	217,5 ± 13,05 <sup>a</sup>	14,01 ± 0,67 <sup>a,b</sup>	80,77 ± 0,80 <sup>a</sup>
2	223,00 ± 13,22 <sup>a</sup>	14,57 ± 0,69 <sup>a</sup>	95,13 ± 1,60 <sup>b</sup>
3	116,00 ± 6,56 <sup>b,c</sup>	11,49 ± 0,64 <sup>c,d,e</sup>	176,27 ± 2,38 <sup>c</sup>
4	105,38 ± 5,40 <sup>b</sup>	12,09 ± 0,40 <sup>e</sup>	197,43 ± 4,27 <sup>d</sup>
5	145,00 ± 9,79 <sup>d,e</sup>	10,13 ± 0,45 <sup>f</sup>	172,07 ± 1,36 <sup>c</sup>
6	138,38 ± 6,13 <sup>d</sup>	9,99 ± 0,29 <sup>f</sup>	184,70 ± 2,07 <sup>e</sup>
7	159,50 ± 5,11 <sup>f,g</sup>	15,40 ± 0,68 <sup>g</sup>	94,20 ± 1,23 <sup>b</sup>
8	148,38 ± 7,22 <sup>d,e,f</sup>	12,27 ± 0,46 <sup>e</sup>	132,27 ± 1,76 <sup>f</sup>
9	193,75 ± 7,00 <sup>h</sup>	10,29 ± 0,26 <sup>f,h</sup>	134,27 ± 0,23 <sup>f</sup>
10	104,50 ± 6,10 <sup>b</sup>	11,27 ± 0,29 <sup>c,d</sup>	225,57 ± 0,95 <sup>g</sup>
11	216,00 ± 11,25 <sup>a</sup>	16,27 ± 0,53 <sup>i</sup>	71,20 ± 0,20 <sup>h</sup>
12	118,38 ± 7,52 <sup>c</sup>	13,76 ± 0,43 <sup>b</sup>	149,07 ± 1,20 <sup>i</sup>
13	156,94 ± 7,37 <sup>e,f,g</sup>	10,99 ± 0,31 <sup>c,d,h</sup>	153,34 ± 0,42 <sup>i</sup>
14	164,44 ± 7,26 <sup>g</sup>	11,68 ± 0,69 <sup>d,e</sup>	149,67 ± 0,25 <sup>i</sup>
15	156,11 ± 7,51 <sup>e,f,g</sup>	10,77 ± 0,55 <sup>c,f,h</sup>	162,31 ± 1,29 <sup>j</sup>

<sup>a-j</sup> Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

U tabeli 18. dati su regresioni koeficijenti i analiza varijanse odabranog matematičkog modela za opisivanje fizičkih karakteristika ekstrudata, u posmatranom opsegu vrednosti ulaznih parametara, dok je grafički prikaz pomenutih odziva prikazan na graficima 11., 12. i 13. Dobijeni rezultati pokazuju da je model predstavljen polinomom drugog stepena statistički značajan pri nivou značajnosti od 95% ( $p < 0,05$ ) za sva tri odziva, kao i da se ovim modelom adekvatno opisuju eksperimentalni rezultati, uzimajući u obzir visoke vrednosti  $R^2$  (0,92 - 0,99), niske vrednosti CV i *lack of fit* parametar koji nije

statistički značajan, čime se omogućava dobro predviđanje osnovnih fizičkih karakteristika ekstrudata u okviru posmatranog opsega procesnih parametara.

**Tabela 18.** Regresioni koeficijenti i analiza varijanse osnovnih fizičkih karakteristika ekstrudata

Koeficijenti	Lateralna ekspanzija	Dužina	Nasipna masa
$b_0$	112,08*	6,59*	106,59*
$b_1$	4,31	0,11	4,74*
$b_2$	-6,86*	-0,34	9,12*
$b_3$	0,40*	0,01*	-0,17*
$b_{12}$	-0,10	2,19E-004	0,04
$b_{13}$	-1,41E-003	-9,34E-004	7,95E-003
$b_{23}$	-1,05E-003	-4,36E-004	-1,68E-003
$b_{11}$	-0,13	0,03	-0,53
$b_{22}$	0,08	0,01*	-0,09*
$b_{33}$	-2,33E-004*	8,23E-006	-2,09E-005
$p$ of F (model)	< 0,01	0,03	< 0,01
<i>Lack of fit</i>	0,29	0,15	0,50
$R^2$	0,99	0,92	0,99
CV (%)	4,10	7,70	4,63

\* Statistički značajno ( $p < 0,05$ )

$b_1$  - sadržaj mehanički separisanog mesa;  $b_2$  - sadržaj pivskog troša;  $b_3$  - brzina obrtanja puža;

CV – koeficijent varijacije;  $R^2$  – koeficijent determinacije

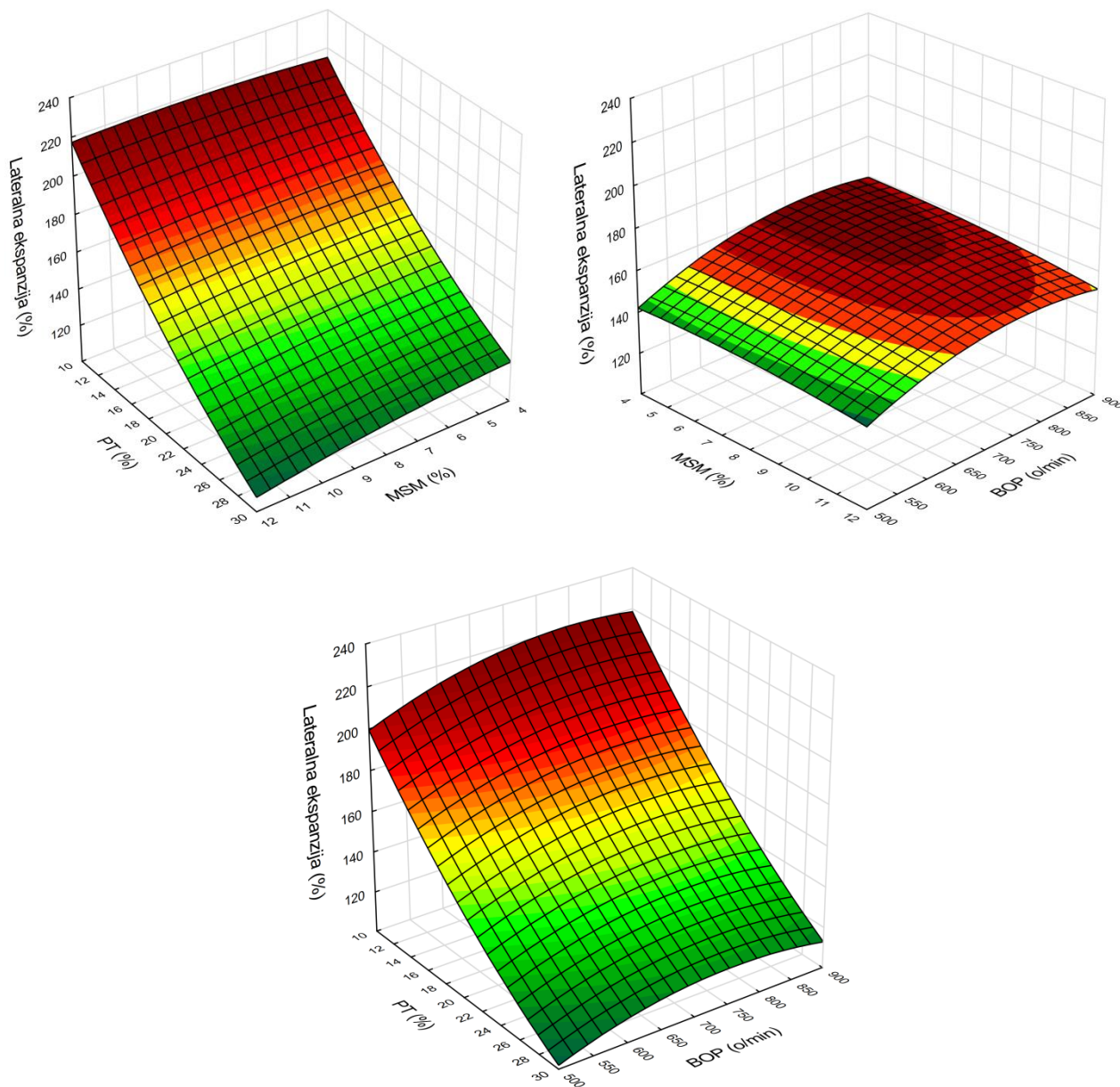
Lateralna ekspanzija (LE) predstavlja meru ekspanzije ekstrudata u lateralnom/radijalnom smeru. Dobijeni rezultati regresione analize ukazuju da značajan uticaj na LE imaju: slobodan član, linearni članovi sadržaja PT-a i brzine obrtanja puža, kao i kvadratni član brzine obrtanja puža. Najveći uticaj ima sadržaj PT-a (-6,86,  $p < 0,001$ ), što se takođe uočava sa grafikom 11. Povećanje udela PT-a, u napojnoj smeši, rezultiralo je nižim vrednostima LE nezavisno od sadržaja MSM-a i BOP-a. PT je materijal bogat vlaknima i proteinima. Ovi molekuli vezuju vodu i nedozvoljavaju molekulima skroba da nabubre te smanjuju količinu vode koja će naglo ispariti (engl. *flash off*) pri izlasku materijala iz ekstrudera i što rezultuje proizvodom manje ekspanzije (Brennan i sar., 2013). Takođe, usled smanjene želatinizacije skroba, niži je i viskozitet onih testa u ekstruderu koja sadrže veći udeo vlakana i proteina, što potvrđuju rezultati reoloških merenja (tabela 13). Smanjenje viskoziteta može dovesti do smanjenja sile smicanja i pritiska u ekstruderu što uslovljava niži pritisak na matrici ekstrudera, te je smanjeno ekspanzovanje snek proizvoda, koje je uslovljeno razlikom pritiska unutar i van ekstrudera (Brennan i sar., 2008; Robin i sar., 2011). Ovaj zaključak potvrđuju i Navale i sar. (2015), koji navode da je mala ekspanzija proizvoda često posledica nedovoljno razvijenog pritiska tokom ekstrudiranja. Smanjenje lateralne ekspanzije

obogaćivanjem sneg proizvoda različitim izvorima vlakana i proteina potvrđeno je u više radova (Basilio-Atencio i sar., 2020; Beck i sar., 2018; ref). Udeo MSM-a nije imao statistički značajan uticaj na LE, iako je, zbog njegovog hemijskog sastava, očekivano da će uvođenje MSM-a u formulaciju smanjiti LE. Pretpostavlja se da je uticaj MSM-a zanemarljiv jer ima mali udeo u formulaciji proizvoda, te njegovo povećanje sa 4 na 12% neznatno povećava udeo proteina. Porast BOP-a je imao pozitivan statistički značajan uticaj na LE sneg proizvoda. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima koje su objavili Félix-Medina i sar. (2020), Neder-Suárez i sar. (2021) i Ramos Diaz i sar. (2017). Povećanjem brzine obrtanja puža povećavaju se sile smicanja u ekstruderu, te se kidaju veze i dobija se ujednačeno elastično testo koje bolje ekspandira pri izlasku (Zhao i sar., 2021). Prema nekim navodima, lateralna i longitudinalna ekspanzija su regulisane elastičnim i viskoznim silama, redom (Alvarez-Martinez i sar., 1988; Launay i Lisch, 1983).

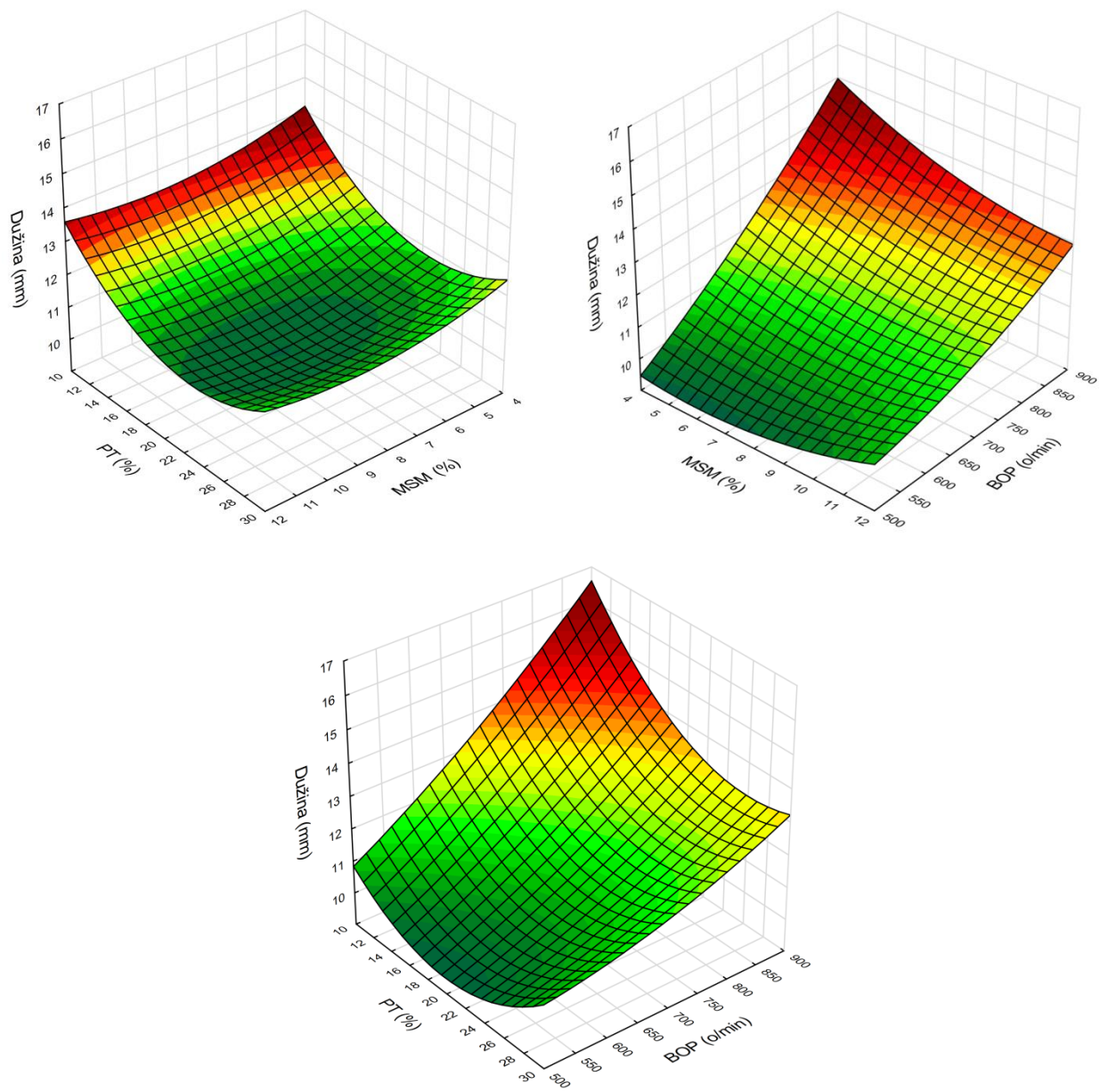
Dužina ekstrudata u ovom istraživanju jeste pokazatelj aksijalne/longitudinalne ekspanzije zbog konstantne brzine rotacije noža. Iz tabele 18. može se uočiti da su značajan uticaj na dužinu ekstrudata, pored slobodnog člana, imali samo linearni član BOP-a i kvadratni član sadržaja PT-a. Sa porastom brzine obrtanja puža rasla je i dužina ekstrudata. Ovakvi rezultati su u skladu sa rezultatima dobijenim u doktorskoj disertaciji Perović (2022), gde je pri povećanju brzine obrtanja puža došlo do opadanja viskoznosti testa, čime je favorizovano aksijalno širenje ekstrudata. Takođe, sa grafika 12. se vidi da je promena dužine ekstrudata sa promenom udela PT-a, bila nezavisna od vrednosti sadržaja MSM-a i BOP-a, i da ima trend parabole, odnosno kvadratne funkcije. Drugim rečima, sa porastom sadržaja PT-a u formulaciji proizvoda opadala je dužina ekstrudata dostižući svoj minimum na oko 25% udela PT-a, da bi sa daljim povećanje PT-a dužina ekstrudata pokazala tendenciju rasta.

Nasipna masa (NM) predstavlja masu ekstrudata u određenoj zapremini, te se proizvodi koji više ekspandiraju odlikuju nižom NM-om. Drugim rečima nasipna masa i ekspanzija su recipročne karakteristike (Lisiecka et al., 2021; Menis-Henrique et al., 2020), što se jasno vidi i na graficima 11., 12. i 13. Na osnovu RSM analize, može se uočiti da su statistički značajan uticaj na nasipnu masu imali slobodan član, kao i linearni članovi svih ulaznih promenljivih i kvadratni član sadržaja PT-a. Linearni član sadržaja PT-a ima najveću vrednost (9,12) sa značajnosti od  $p < 0,0001$ , što ukazuje da je sadržaj PT-a imao najveći uticaj na NM. Sa porastom udela PT-a i MSM-a, povećana je i nasipna masa, zbog porasta sadržaja proteina i vlakana u napojnoj smeši. Vlakna i proteini vezuju vodu i tako ometaju skrob da veže vodu, koja bi potom trebala da ispari pri izlasku iz ekstrudera i uzrokuje ekspanziju (Chadha i sar., 2021). Ovi rezultati su u saglasnosti sa dobijenim rezultatima LE i dužine ekstrudata, kao i sa rezultatima koje su objavili Ainsworth i sar. (2007), Basilio-Atencio i sar. (2020), Stojceska i sar. (2008) i Téllez-Morales i sar. (2020). Brzina obrtanja puža je imala negativan uticaj na NM, odnosno sa njenim povećanjem NM se smanjivala. Slične rezultate su objavili i Sandrin i sar. (2017), tvrdeći da pri porastu brzine rotacije puža

raste i stepen želatinizacije skroba, a sa porastom želatinizacije raste ekspanzija, dok se nasipna masa smanjuje.

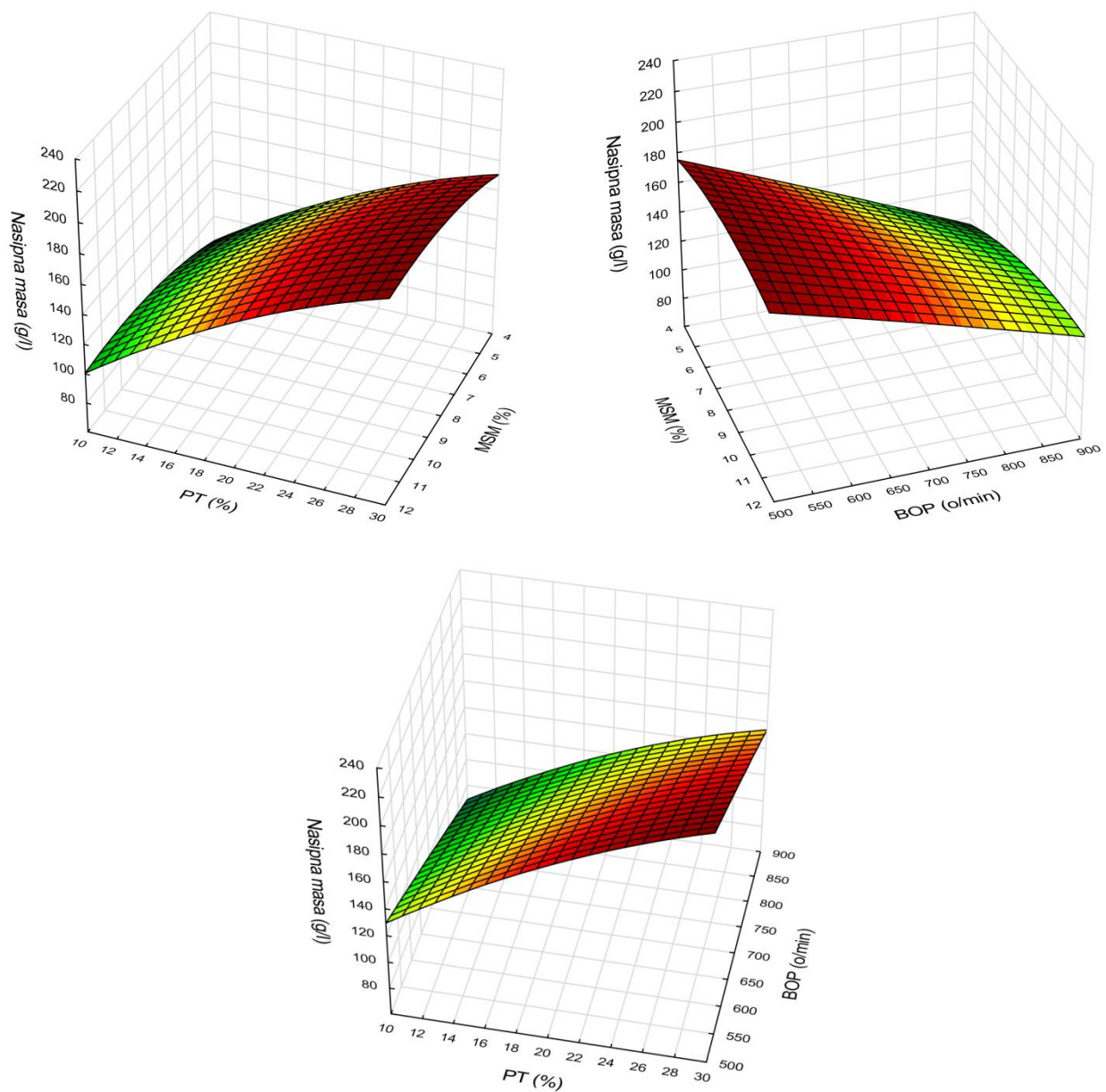


**Grafik 11.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na lateralnu ekspanziju ekstrudata



**Grafik 12.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na dužinu ekstrudata





**Grafik 13.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na nasipnu masu ekstrudata

## 5.2.5 Tekstura snek proizvoda

Tekstura snek proizvoda ima veliki uticaj na preferencije potrošača pri kupovini ovih prehrambenih proizvoda. Kanojia i Singh (2016) su pokazali da se potrošači radije opredeljuju za proizvode niže tvrdoće. Od karakteristika teksture proizvedenih snek proizvoda ispitani su tvrdoća, čvrstoća i hrskavost, a u tabeli 19. su prikazane srednje vrednosti merenja ovih parametara.

**Tabela 19.** Karakteristike teksture dobijenih ekstrudata

Uzorak	Tvrdoća (kg)	Čvrstoća (N)	Hrskavost (broj pikova)
1	6,46 ± 0,84 <sup>a,b</sup>	48,82 ± 6,59 <sup>a</sup>	121,17 ± 11,83 <sup>a</sup>
2	6,52 ± 0,89 <sup>a,b</sup>	48,24 ± 4,73 <sup>a</sup>	101,17 ± 6,26 <sup>b</sup>
3	8,84 ± 1,02 <sup>c,d,e</sup>	66,72 ± 6,45 <sup>b</sup>	68,40 ± 2,41 <sup>c,d</sup>
4	9,66 ± 0,63 <sup>e,f,g</sup>	65,41 ± 5,70 <sup>b</sup>	66,60 ± 9,95 <sup>c,d</sup>
5	10,76 ± 1,60 <sup>g</sup>	77,16 ± 7,85 <sup>d</sup>	74,70 ± 5,17 <sup>c,d,e</sup>
6	9,36 ± 0,97 <sup>e,f</sup>	76,25 ± 8,05 <sup>c,d</sup>	69,10 ± 9,12 <sup>c,d</sup>
7	6,98 ± 0,66 <sup>b,h</sup>	38,71 ± 3,74 <sup>e</sup>	88,00 ± 1,41 <sup>b,e,f</sup>
8	7,13 ± 0,85 <sup>b,h,i</sup>	52,78 ± 5,72 <sup>a</sup>	83,10 ± 0,94 <sup>d,e,f</sup>
9	9,51 ± 1,04 <sup>e,f</sup>	73,02 ± 8,48 <sup>b,c,d</sup>	95,00 ± 12,33 <sup>b,f</sup>
10	10,28 ± 0,76 <sup>f,g</sup>	78,24 ± 9,13 <sup>d</sup>	64,25 ± 0,35 <sup>c</sup>
11	5,82 ± 0,65 <sup>a</sup>	38,29 ± 5,00 <sup>e</sup>	135,10 ± 6,16 <sup>a</sup>
12	7,74 ± 0,62 <sup>c,h,i</sup>	49,91 ± 4,51 <sup>a</sup>	72,40 ± 4,41 <sup>c,d,e</sup>
13	8,20 ± 0,88 <sup>c,d,i</sup>	65,58 ± 6,58 <sup>b</sup>	74,40 ± 2,78 <sup>c,d,e</sup>
14	8,91 ± 0,85 <sup>d,e</sup>	68,80 ± 6,12 <sup>b,c</sup>	73,20 ± 3,86 <sup>c,d,e</sup>
15	9,82 ± 1,04 <sup>e,f,g</sup>	72,08 ± 6,64 <sup>b,c,d</sup>	72,10 ± 2,64 <sup>c,d,e</sup>

<sup>a-i</sup> Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

Koeficijenti regresione jednačine, kao i parametri analize varijanse predloženog modela, dati su u tabeli 20. Na osnovu vrednosti parametara koji opisuju kvalitet fitovanja eksperimentalnih podataka predloženim modelom ( $p$ -vrednosti,  $R^2$ , CV i *lack of fit*) možemo zaključiti da su sva tri modela značajna i da se mogu koristiti za predviđanje vrednosti tvrdoće, čvrstoće i hrskavosti ekstrudata.

Tvrdoća i čvrstoća ekstrudata, iako merene različitim metodama, imaju skoro identične dijagrame prikazane na graficima 14. i 15. Vrednosti tvrdoće i čvrstoće su se kretale u opsezima od 5,82 do 10,76 kg i od 38,28 do 78,24 N, redom. Paula i Conti Silva (2014) u svom radu ukazuju na to da čvrstoća predstavlja snagu koju je potrebno uložiti kako bi se sekutićima prepolovio proizvod, dok tvrdoća predstavlja snagu potrebnu da se kutnjacima polomi proizvod. Kod oba parametra, pored slobodnog



člana, statistički su značajni linearni koeficijent sadržaja PT-a i brzine obrtanja puža, dok je kod čvrstoće značajan i kvadratni član sadržaja PT-a.

**Tabela 20.** Regresioni koeficijenti i analiza varijanse karakteristika teksture snek proizvoda

Koeficijenti	Tvrdoća	Čvrstoća	Hrskavost
$b_0$	13,71*	67,45*	169,42*
$b_1$	-2,36E-004	2,25	-5,01*
$b_2$	0,23*	2,70*	-6,19*
$b_3$	-0,015*	-0,04*	-0,01*
$b_{12}$	4,75E-003	-4,54E-003	0,11
$b_{13}$	4,82E-004	4,68E-003	2,19E-004
$b_{23}$	1,43E-004	8,00E-004	-3,99E-003*
$b_{11}$	0,03	-0,32	0,10
$b_{22}$	-6,63E-003	-0,06*	0,14*
$b_{33}$	6,02E-007	-6,29E-005	9,81E-005
$p$ of F (model)	0,03	< 0,01	< 0,01
Lack of fit	0,60	0,33	0,05
$R^2$	0,91	0,97	0,99
CV (%)	9,08	6,96	4,71

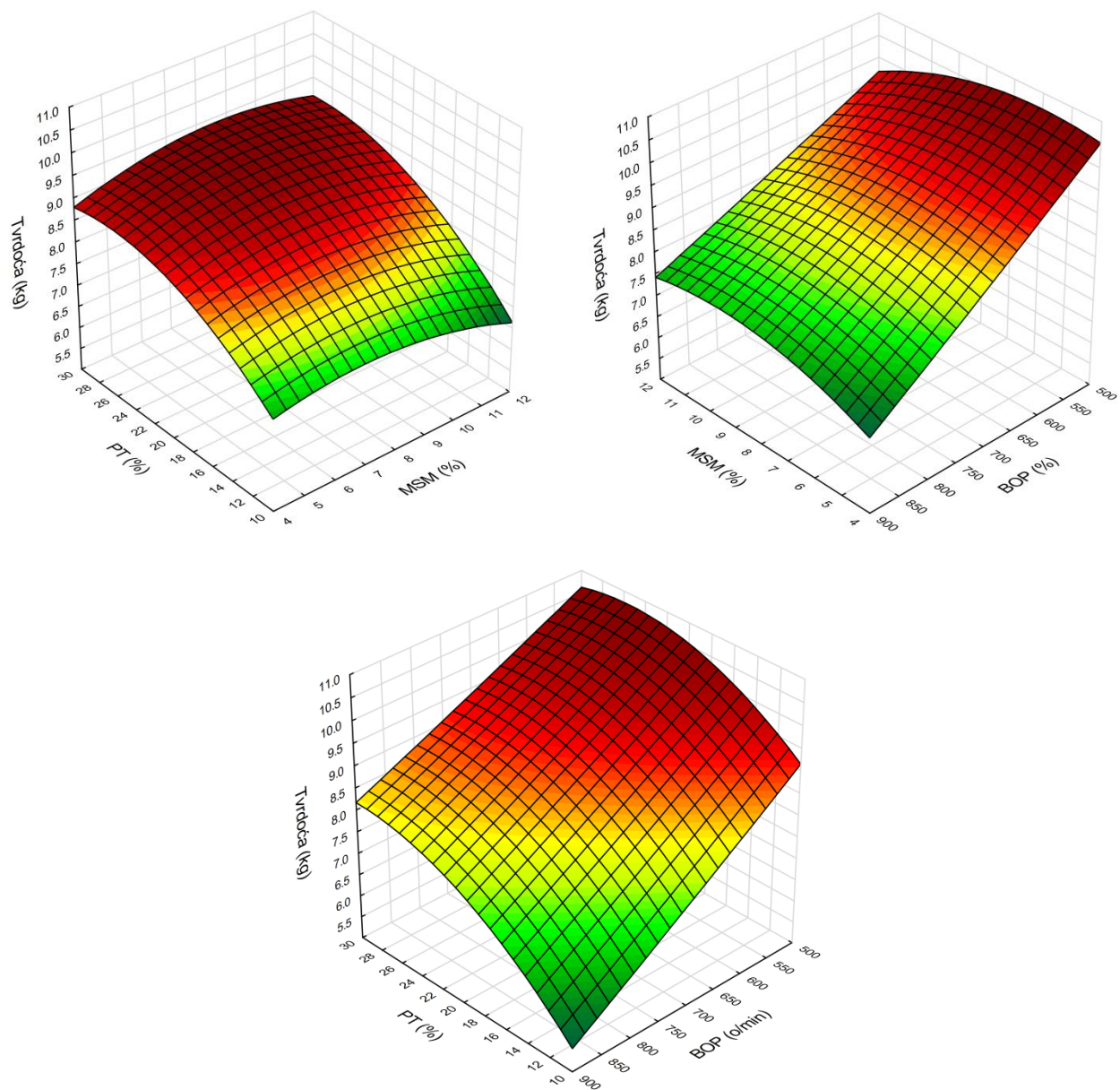
\* Statistički značajno ( $p < 0,05$ )

$b_1$  - sadržaj mehanički separisanog mesa;  $b_2$  - sadržaj pivskog tropa;  $b_3$  - brzina obrtanja puža;

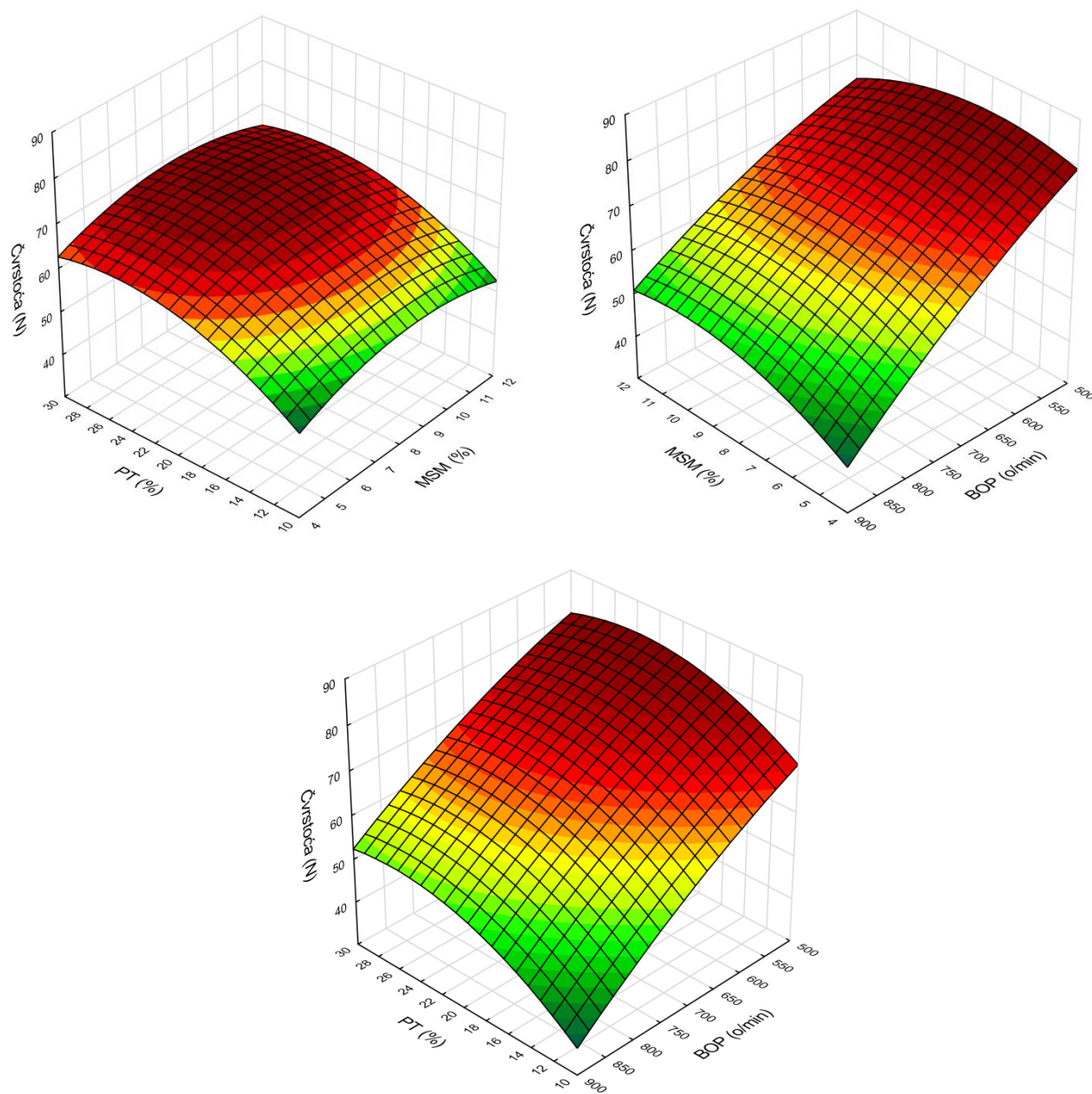
CV – koeficijent varijacije;  $R^2$  – koeficijent determinacije

Udeo MSM-a nije imao značajan uticaj na ova dva parametra. Sa porastom udela PT-a u smeši, rastu i čvrstoća i tvrdoća ekstrudata, što je u skladu sa rezultatima fizičkih karakteristika dobijenih snek proizvoda. Inkorporacijom PT-a u formulaciju proizvoda, raste sadržaj proteina i vlakana, dolazi do smanjenja ekspanzije proizvoda, te nastaje kompaktnija struktura koju je teže slomiti. Slične rezultate tvrdoće pri korišćenju PT-a za direktno ekspanzirane proizvode dobili su i Ačkar i sar. (2019). Teksturalne karakteristike ekstrudata direktno su povezane sa ekspanzijom. Niži stepen ekspanzije za posledicu ima povećanu tvrdoću ekstrudata (Anton i sar., 2009). Posmatajući grafike 14. i 15. može se uočiti da je maksimum tvrdoće i čvrstoće postignut na oko 25% udela PT-a, da bi potom ispitane karakteristike blago opadale sa daljim povećanjem sadržaja PT-a. Ovi rezultati su u direktnoj korelaciji sa dužinom ekstrudata (grafik 12) koja opada sa povećanjem sadržaja PT-a do udela od 25%, da bi potom dužina rasla sa daljim porastom procenta PT-a. Ovi rezultati tvrdoće i čvrstoće, mogu se objasniti longitudinalnom ekspanzijom, kao i lomom zidova vazdušnih ćelija ekstrudata usled veoma visokog sadržaja vlakana (Ferreira i sar., 2011). Brzina obrtanja puža je imala negativan uticaj na ove dve

teksturalne karakteristike, što je u skladu sa rezultatima koje su objavili Félix-Medina i sar. (2020) i Stojceska i sar. (2008). Uticaj BOP-a je izraženiji pri nižim udelima MSM-a i PT-a (grafici 14 i 15).



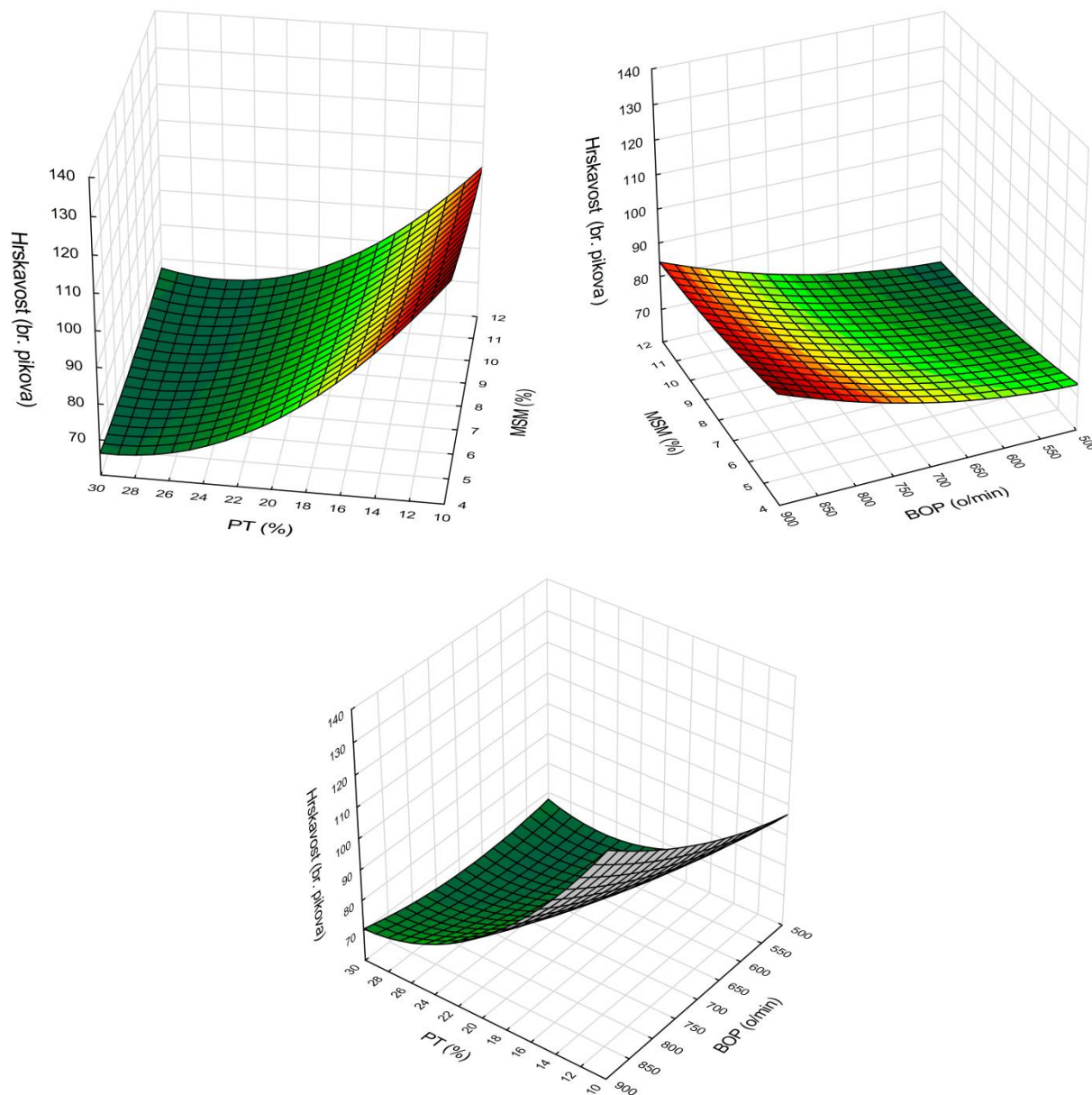
**Grafik 14.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na tvrdoću ekstrudata



**Grafik 15.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na čvrstoću ekstrudata

Hrskavost je veoma bitna karakteristika snek proizvoda i poželjna osobina flips proizvoda od strane konzumenata. Hrskavost ispitanih uzoraka kretala se u opsegu od 64,25 do 135,10 br. pikova. Analiza varijanse ukazuje da su pored slobodnog člana svi linearni koeficijenti statistički značajni, kao i koeficijent interakcije PT-a i BOP-a i kvadratni koeficijent sadržaja PT-a. Najznačajniji uticaj ima linearni koeficijent sadržaja PT-a ( $p < 0,0001$ ), što se može uočiti i sa grafika 16. Hrskavost pokazuje suprotan trend od tvrdoće i čvrstoće. Dodatak PT-a negativno je uticao na hrskavost proizvoda, čime su potvrđeni prethodno objavljeni rezultati koji pokazuju da proteini i vlakna negativno utiču na hrskavost

ekstrudata (Lobato i sar., 2011; Sharif i sar., 2014). Takođe, sa dodatkom PT-a smanjuje se sadržaj skoba u formulaciji proizvoda, a skrob je materijal odgovoran za ekspanziju proizvoda (Oliveira i sar., 2017). Samim tim, sa smanjenjem sadržaja skroba raste tvrdoća i smanjuje se hrskavost proizvoda (Ačkar i sar., 2018). Porast brzine obrtanja puža je rezultirao većom hrskavošću proizvoda, jer pri većim brzinama nastaje veći broj vazdušnih ćelija sa manjom debljinom zidova, te se registruje veći broj pikova (Perović, 2022).

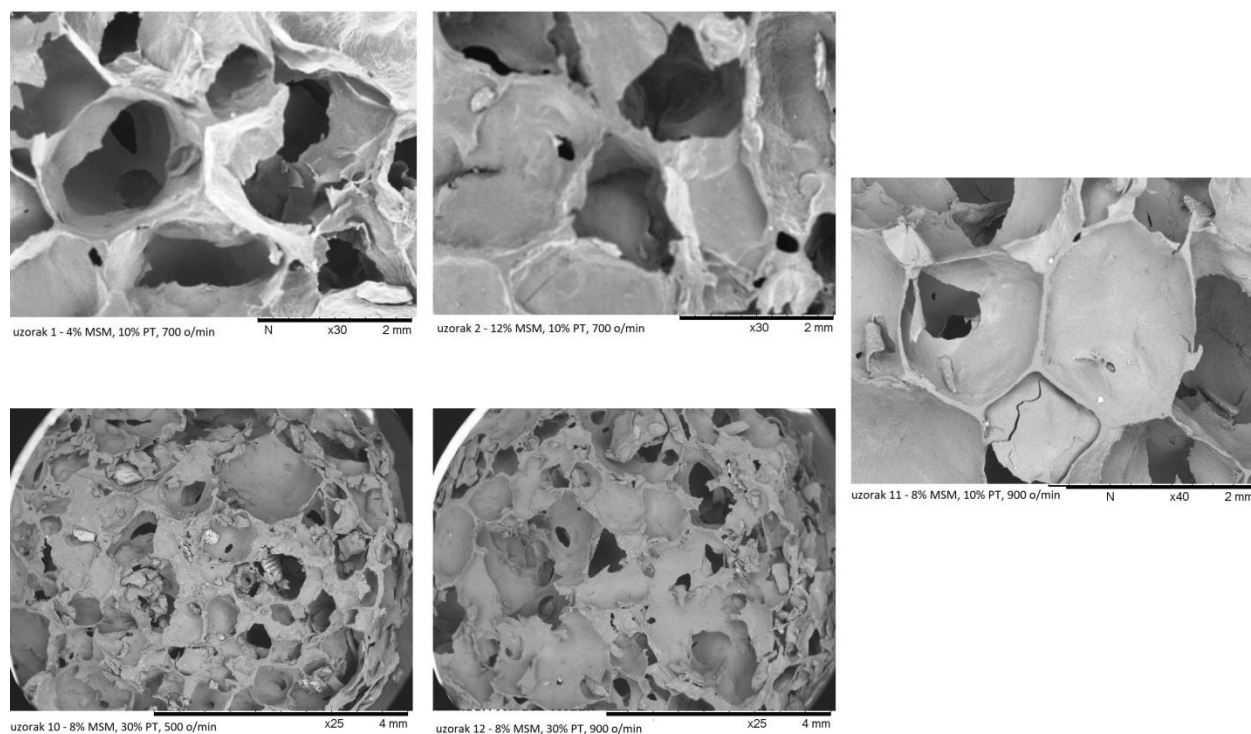


**Grafik 16.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na hrskavost ekstrudata



### 5.2.6 Mikrostruktura snek proizvoda

Elektronska skenirajuća mikroskopija (SEM) je korišćena kako bi se prikazala unutrašnja struktura snek proizvoda. Na slici 28. prikazane su SEM slike preseka pet ekstrudata koji se međusobno razlikuju po udelu MSM-a (uzorak 1 i uzorak 2), udelu PT-a (uzorak 11 i uzorak 12) i brzini obrtanja pužnice (uzorak 10 i uzorak 12). Proizvodi manje poroznosti, odnosno proizvodi sa manjim vazdušnim ćelijama, su proizvodi manje ekspanzije, veće tvrdoće i niže hrskavosti (Phillip i sar., 2017; Ramos Diaz i sar., 2015).



**Slika 28.** SEM slike odabranih uzoraka snek proizvoda

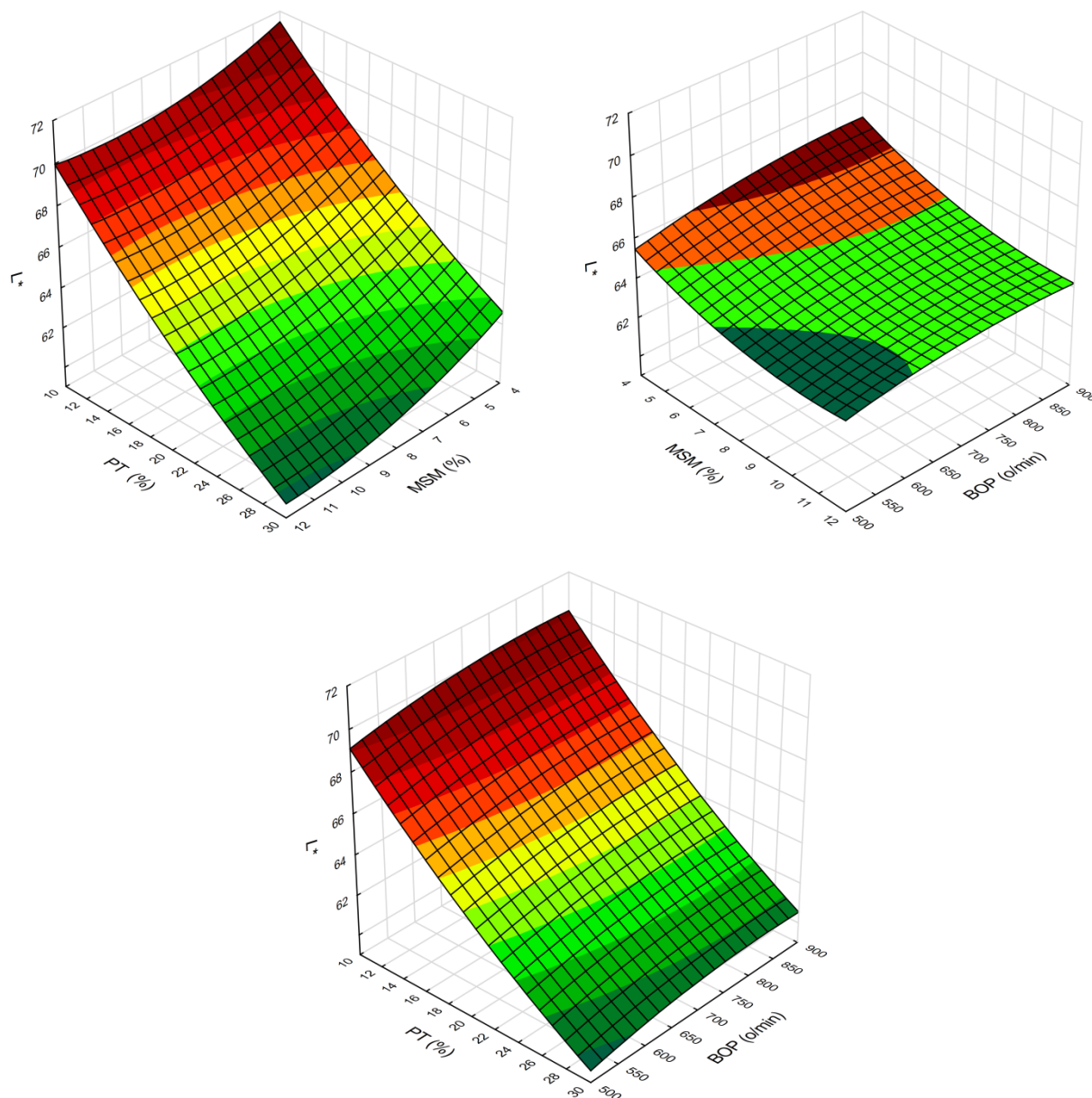
Uzorak 11 se odlikovao najvećim porama/ćelijama, odnosno najmanjom gustinom u odnosu na ostale prikazane ekstrudate. Upravo je ovaj uzorak dobijen pri najvećoj brzini obrtanja puža (900 o/min) i pri najmanjem udelu PT-a (10%). Ovi rezultati potvrđuju prethodno prikazane rezultate osnovnih fizičkih i karakteristika teksture. Dodatak vlakana utiče na smanjenje veličine ćelija ekstrudata i povećanje broja nepotpuno formiranih ćelija (Han i sar., 2018), što se može uočiti iz priloženih rezultata analize unutrašnje strukture snek proizvoda. Vlakna imaju osobine plastičnih materijala, te negativno utiču na nastanak pora, i tako smanjuju ekspanziju ekstrudata (Steeli i sar., 2012). Takođe, sa dodatkom PT-a povećava se sadržaj proteina, koji vezuju deo vode u toku ekstrudiranja, te povećavaju učestalost formiranja malih i nepotpunih pora/vazdušnih ćelija (Sumargo i sar., 2016). Isparavanje vode iz pora, tj.

gubitak vlage, zavisi od elastičnosti materijala kao i od načina vezivanja vode. Prisustvo neželatiniziranog skroba, kao i drugih plastičnih biopolimera, poput proteina i vlakana, smanjuje elastičnost testa unutar cevi ekstrudera i nedozvoljava vodi da ispari, već ona ostaje zarobljena u proizvodu, što dalje rezultuje smanjenom ekspanzijom (Igual i sar., 2020). Porast brzine obrtanja puža je uticao na smanjenje kompaktnosti snek proizvoda, odnosno dobijeni uzorci su se odlikovali većim vazдушnim ćelijama. Ova zapažanja su u skladu sa rezultatima koje su objavili Ditudompo i sar. (2016) i Włodarczyk-Stasiak i sar. (2014). Poredeći preseke uzoraka 1 i 2 koji se razlikuju samo po udelu MSM-a, ne može se uočiti jasna razlika u strukturi proizvoda. Ovi rezultati potvrđuju zaključke izvedene na osnovu prethodno prikazanih rezultata, koji su pokazali da MSM nije imao značajan uticaj na većinu ispitanih osnovnih fizičkih i teksturalnih karakteristika snek proizvoda.

### 5.2.7 Boja snek proizvoda

Boja prehrambenih proizvoda ima veliki uticaj na izbor potrošača, štaviše Carmo i sar. (2019) tvrde da ona predstavlja odlučujući faktor pri kupovini proizvoda. Takođe, često, potrošači imaju percepciju promene ukusa pri promeni boje proizvoda, odnosno prividnu alteraciju ukusa, iako se ukus proizvoda nije promenio (Hidaka i Shimoda, 2014; Spence i sar., 2010; Spence, 2015; Wieneke i sar., 2018). U tabeli 21. date su srednje vrednosti  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  parametara boje snek proizvoda, pri promeni nezavisnih ulaznih parametara, po usvojenom eksperimentalnom planu. Svetloća uzoraka ( $L^*$ ) kretala se u opsegu od 59,68 do 70,84. Iz tabele 22., se vidi da je dodatak PT-a imao statistički značajan uticaj na  $L^*$  vrednost proizvedenih snek proizvoda. Sa dodatkom PT značajno je opala vrednost svetloće uzoraka (grafik 17), što je očekivan rezultat imajući u vidu tamnobraon boju pivskog tropa. Ovi rezultati su u saglasnosti sa različitim studijama u kojima je ispitivan uticaj dodatka PT-a na boju prehrambenih proizvoda (Ačkar i sar., 2018; Delić i sar., 2020; Ktenioudaki i sar., 2012; Nocente i sar., 2019; Stojceska i sar., 2008). MSM nije imao statistički značajan uticaj na  $L^*$  vrednost ekstrudata, ali se iz rezultata prikazanih u tabeli 19. i sa grafika 17. vidi da dodatak MSM-a snižava svetloću ekstrudata. Promena brzine obrtanja puža nije imala statistički značajan uticaj na svetloću ekstrudata (tabela 22), ali se sa grafika 17. može uočiti blago povećanje svetloće boje pri višim vrednostima BOP-a. Ovi rezultati se mogu objasniti kraćim zadržavanjem materijala u cevi ekstrudera pri višim brzinama puža, pri čemu je skraćeno vreme za mogućnost odigravanja Majlardove reakcije, tj. vreme potrebno za formiranje tamnije boje ekstrudata (Kaur i sar., 2014). Prethodno je dokazano da vreme zadržavanja materijala u ekstruderu bitno utiče na promenu boje, štaviše intenzitet boje (engl. *depth of color*) je proporcionalan kvadratu vremena zadržavanja materijala u ekstruderu (Haugaard i sar., 1951). Drugo objašnjenje može biti tvrdnja da se usled viših brzina obrtanja puža formiraju manje gradivne čestice koje potom reflektuju više svetlosti i tako povećavaju  $L^*$  vrednost proizvoda (Bolade i sar., 2009; Hejna i sar., 2021). Takođe, sa povećanjem

brzine obrtanja puža, dobijaju se proizvodi veće ekspanzije, tj. ćelije otvorenije strukture (engl. *opened cells structure*), te je proizvod svetliji (Oliveira i sar., 2015).



**Grafik 17.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na svetloću ( $L^*$ ) ekstrudata

Formulacija proizvoda, tj. udeo MSM-a i PT-a, je značajno uticala na udeo crvene ( $a^*$ ) i žute ( $b^*$ ) boje uzoraka (tabela 22 i grafici 18 i 19). Vrednosti  $a^*$  ekstrudiranih snek proizvoda su se kretale u opsegu 1,63 – 5,41, dok je raspon vrednosti  $b^*$  iznosio 23,91 – 29,73. Sa porastom udela MSM-a i PT-a, rastao je udeo crvene boje kod ispitivanih uzorka, dok je udeo žute boje opadao. Ovi rezultati su u skladu sa prethodno publikovanim rezultatima (Ačkar i sar., 2018; Delić i sar., 2020; Ktenioudaki i sar., 2012; Lee i sar., 2003; Nocente i sar., 2019). Takođe, porast vrednosti  $a^*$  ekstrudata sa dodatkom MSM-a i PT-a može se objasniti unošenjem crvenog pigmenta u žutu osnovu kukuruzne krupice, kao što se i smanjenje vrednosti  $b^*$  može objasniti manjim udelom kukuruzne krupice. Kukuruzna krupica je sirovina bogata karotenoidima, tj. pigmentima koji daju žutu boju (Oliveira, G. i Rodriguez-Amaya, 2007), te manji udeo kukuruzne krupice u formulaciji proizvoda rezultuje snek proizvodom koji karakteriše manji udeo žute boje. Brzina obrtanja puža nije imala značajan uticaj na udeo crvene i žute boje ekstrudata.

**Tabela 21.** Karakteristike boje dobijenih ekstrudata

Uzorak	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1	70,84 ± 0,91 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,10 <sup>a</sup>	29,73 ± 0,55 <sup>a</sup>
2	70,33 ± 0,26 <sup>a,b</sup>	2,16 ± 0,13 <sup>b</sup>	28,86 ± 0,39 <sup>b</sup>
3	62,21 ± 0,52 <sup>c</sup>	4,92 ± 0,11 <sup>c</sup>	24,68 ± 0,26 <sup>c,e</sup>
4	60,36 ± 0,53 <sup>d</sup>	5,41 ± 0,12 <sup>d</sup>	23,91 ± 0,08 <sup>d</sup>
5	65,23 ± 0,61 <sup>g</sup>	3,82 ± 0,14 <sup>i</sup>	25,80 ± 0,30 <sup>f,g,h</sup>
6	62,26 ± 0,44 <sup>c</sup>	4,49 ± 0,12 <sup>g</sup>	25,44 ± 0,34 <sup>f,h</sup>
7	67,98 ± 0,30 <sup>e</sup>	3,49 ± 0,13 <sup>h</sup>	26,12 ± 0,26 <sup>g</sup>
8	64,40 ± 0,79 <sup>f,g</sup>	4,38 ± 0,15 <sup>f,g</sup>	25,25 ± 0,20 <sup>e,h</sup>
9	69,95 ± 0,36 <sup>a,b</sup>	2,09 ± 0,14 <sup>b</sup>	29,40 ± 0,46 <sup>a,b</sup>
10	60,17 ± 0,41 <sup>d</sup>	5,25 ± 0,05 <sup>d</sup>	24,18 ± 0,20 <sup>c,d</sup>
11	69,55 ± 0,62 <sup>b</sup>	1,95 ± 0,17 <sup>b</sup>	29,19 ± 0,29 <sup>a,b</sup>
12	59,68 ± 0,96 <sup>d</sup>	5,40 ± 0,05 <sup>d</sup>	24,41 ± 0,22 <sup>c,d</sup>
13	65,39 ± 0,57 <sup>g</sup>	3,98 ± 0,16 <sup>e,i</sup>	25,46 ± 0,26 <sup>f,g,h</sup>
14	64,99 ± 0,62 <sup>g</sup>	4,00 ± 0,20 <sup>e,i</sup>	25,44 ± 0,34 <sup>f,g,h</sup>
15	63,44 ± 0,26 <sup>c,f</sup>	4,18 ± 0,21 <sup>e,f</sup>	26,10 ± 0,16 <sup>f,g</sup>

<sup>a-i</sup> Vrednosti u istoj koloni označene različitim slovima statistički se značajno razlikuju ( $p < 0,05$ )

Na osnovu dobijenih vrednosti  $p$  of F, *lack of fit*,  $R^2$  i CV (tabela 22) može se zaključiti da je izabrani model adekvatan za opisivanje parametara boje. Drugim rečima, karakteristike boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) se, korišćenjem izabranog modela, mogu pouzdano predvideti.



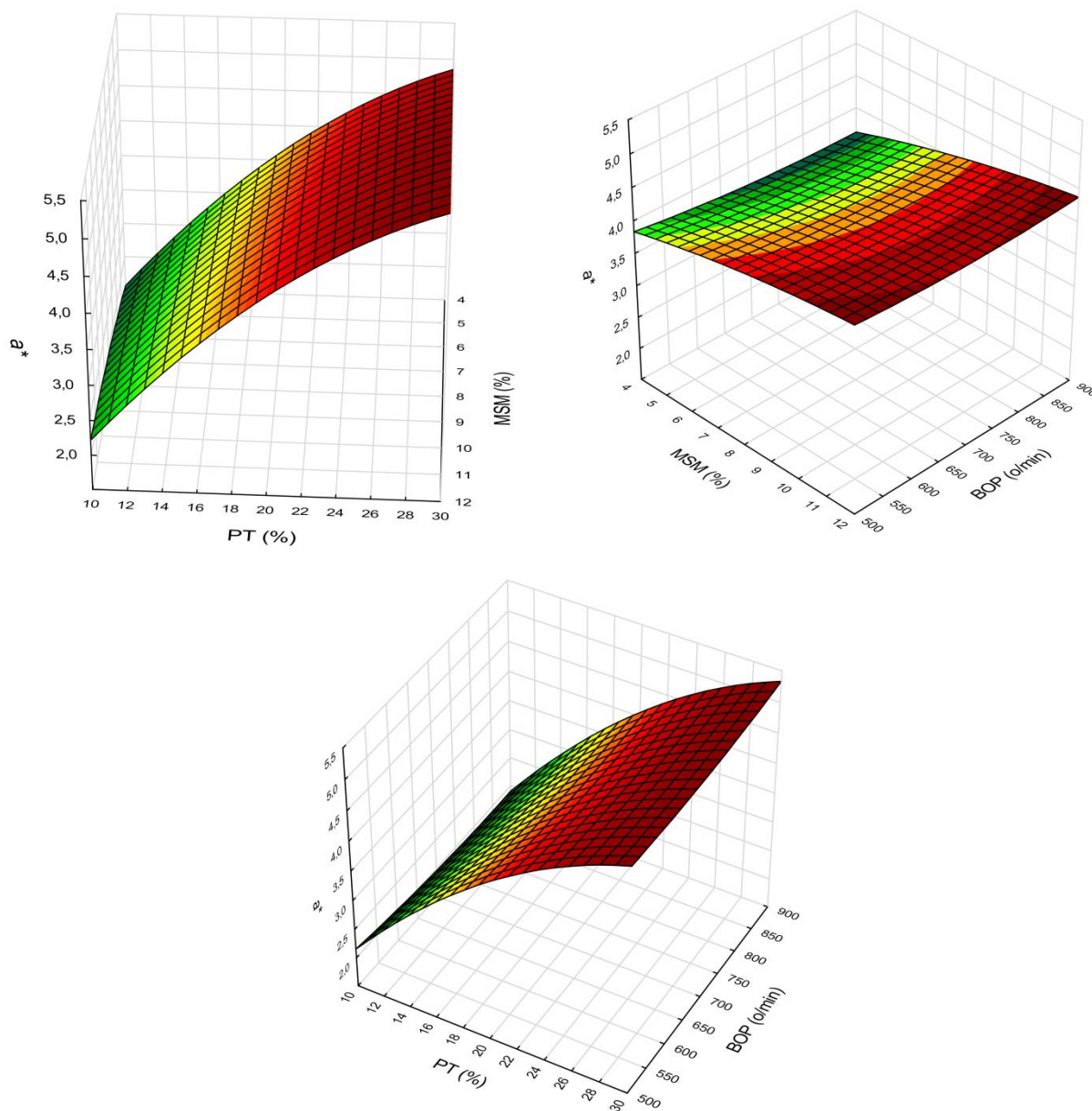
**Tabela 22.** Regresioni koeficijenti i analiza varijanse parametara boje snek proizvoda

Koeficijenti	$L^*$	$a^*$	$b^*$
$b_0$	72,88*	-0,11*	34,85*
$b_1$	-0,71	0,11*	0,06*
$b_2$	-0,64*	0,32*	-0,73*
$b_3$	0,02	-3,89E-003	2,22E-003
$b_{12}$	-8,38E-003	-2,50E-004	6,25E-004
$b_{13}$	-1,91E-004	6,88E-005	-1,59E-004
$b_{23}$	-1,13E-005	3,63E-005	5,25E-005
$b_{11}$	0,05	-4,71E-003	-3,10E-003
$b_{22}$	5,99E-003	-4,48E-003*	0,01*
$b_{33}$	-9,21E-006	1,68E-006	-1,36E-006
$p$ of F (model)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<i>Lack of fit</i>	0,35	0,39	0,97
$R^2$	0,96	1,00	1,00
CV (%)	2,02	3,46	0,82

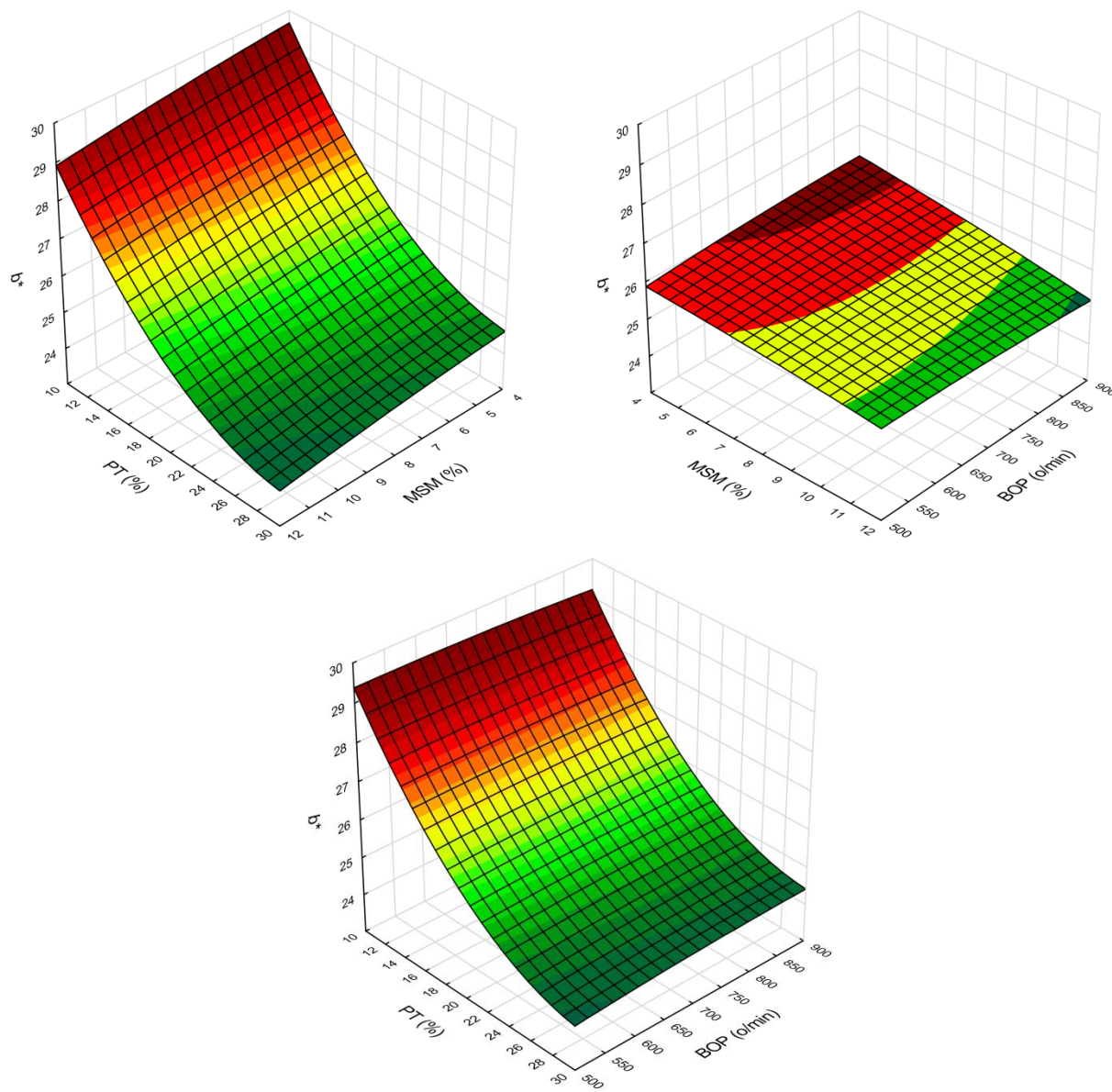
\* Statistički značajno ( $p < 0,05$ )

$b_1$  - sadržaj mehanički separisanog mesa;  $b_2$  - sadržaj pivskog tropa;  $b_3$  - brzina obrtanja puža;  
CV – koeficijent varijacije;  $R^2$  – koeficijent determinacije

Dobijeni snek proizvodi se odlikuju braon nijansom boje. U istraživanju koje su sprovedi Wani i Kumar (2016), braon boja je bila jedna od važnijih preferencija kupaca. Takođe, ispitanici u istraživanju koje su sprovedi Sandvik i sar. (2017) su se izjasnili da ih braon boja hleba asocira na zdrav proizvod.



**Grafik 18.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na udeo crvene boje ( $a^*$ ) ekstrudata



**Grafik 19.** Uticaj količine MSM-a, PT-a i BOP-a na udeo žute boje ( $b^*$ ) ekstrudata

### 5.2.8 Optimizacija

Proces optimizacije je izvršen sa ciljem da se definišu optimalne vrednosti ulaznih promenljivih (%MSM, %PT i BOP (o/min)), koje daju proizvod sa poželjnim minimalnim, odnosno maksimalnim vrednostima odabranih izlaznih promenljivih (dužina, lateralna ekspanzija, nasipna masa, tvrdoća, čvrstoća, hrskavost, sadržaj proteina i vlakana).

U ovoj disertaciji primenjena je višekriterijumska optimizacija koja se zasniva na konceptu funkcije poželjnosti (engl. *desirability function concept*). Funkcija poželjnosti omogućava pronalaženje odgovarajućih eksperimentalnih uslova koji obezbeđuju postizanje optimalnih vrednosti svih posmatranih odziva, uključujući i određene prioritete tokom postupka optimizacije. Prvi korak podrazumeva kreiranje individualnih funkcija poželjnosti za svaki posmatrani odziv, korišćenjem modela dobijenih primenom postupka odzivne površine, i uspostavljanjem kriterijuma optimizacije. Vrednost funkcije poželjnosti može biti od "0" do "1", gde "0" predstavlja najmanje poželjnu vrednost, a "1" najpoželjniju vrednost. Ukupna funkcija poželjnosti (D) jednaka je geometrijskoj sredini pojedinačnih funkcija poželjnosti, a postupak optimizacije podrazumeva maksimiziranje D, kako bi se dobilo optimalno rešenje posmatranog sistema. Ukupna funkcija poželjnosti će biti "1", ako svaka pojedinačna funkcija iznosi 1, dok u slučaju kada makar jedan odziv ima funkciju poželjnosti jednaku "0", ukupna funkcija poželjnosti će imati vrednost "0" (Candiotti i sar., 2014).

Modeli razvijeni primenom postupka odzivne površine, predstavljeni u obliku polinoma drugog reda čija značajnost je potvrđena analizom varijanse (prikazano u prethodnim poglavljima doktorske disertacije (tabele 16,18 i 20), korišćeni su u postupku optimizacije.

U tabeli 23. prikazane su ulazne i izlazne promenljive, pri čemu su definisana ograničenja u skladu sa ciljem optimizacije. Vrednosti nezavisnih promenljivih su varirane u zadatom opsegu procesnih parametara, dok je cilj optimizacije bio postizanje odgovarajućih maksimalnih ili minimalnih vrednosti unapred definisanih izlaznih promenljivih. Takođe, svakom od parametara je bio dodeljen odgovarajući nivo značajnosti, definisan vrednošću faktora značajnosti, pri čemu je najmanje značajan odziv nosio vrednost 1, a najznačajniji vrednost 5. Faktor značajnosti svih ulaznih parametara je imao vrednost 3, dok su izlaznim parametrima dodeljene različite vrednosti faktora značajnosti. Za optimizaciju procesa proizvodnje snek proizvoda odabrani su sledeći odzivi: dužina, lateralna ekspanzija, nasipna masa, tvrdoća, čvrstoća, hrskavost, sadržaj proteina i sadržaj vlakana. Boja proizvoda, iako je pokazala dobro slaganje sa modelom polinoma drugog stepena nije ušla u optimizaciju, jer su na površinu proizvoda u drugom delu istraživanja nanete smeše začina za prehrambene proizvode/posipi, koje su uticale na promenu boje proizvoda.

Od nutritivnih karakteristika, kao izlazne promenljive u optimizaciji su izabrani sadržaj proteina i vlakana, pri čemu su zahtevane maksimalne vrednosti ova dva parametra. Faktor značajnosti za sadržaj vlakana je iznosio 3, jer su svi uzorci dobijeni u prvom delu eksperimenta imali sadržaj vlakana preko 6%, te bi mogli biti deklarirani kao "izvor vlakana", dok je za sadržaj proteina dodeljen koeficijent važnosti 5, s obzirom da je krajnji cilj disertacije dobijanje nutritivno vrednog snek proizvoda. Velike vrednosti tvrdoće i čvrstoće su, kao što je već prethodno rečeno, nepoželjne karakteristike snek proizvoda, te se težilo njihovim minimalnim vrednostima i dodeljen im je faktor značajnosti srednje vrednosti (3). Sa druge strane hrskavost je poželjna karakteristika ekspandiranih snek proizvoda (Kumar i Chambers, 2019; Kumar i sar., 2021; Pamies i sar., 2000) te je njen faktor značajnosti imao vrednost 5, a optimalni proizvod bi trebao da se odlikuje maksimalnim vrednostima hrskavosti. Dužina i lateralna ekspanzija su mere ekspanzije i zato se pri optimizaciji težilo njihovim maksimalnim vrednostima. Nasipna masa je sa druge strane veličina recipročna ekspanziji, te je bila poželjna njena minimalna vrednost. Nasipnoj masi i lateralnoj ekspanziji je dodeljen faktor značajnosti 4, dok je dužini dodeljena vrednost 3, zato što je porast dužine ekstrudata mogao biti i posledica povećane brzine obrtanja puža, a ne samo aksijalne ekspanzije. Usled povećane brzine obrtanja puža može doći do bržeg izlaska materijala iz ekstrudera, a imajući u vidu da se nož rotira konstantnom brzinom, dobija se proizvod veće dužine. Prema analizi varijanse, pored slobodnog člana, samo je BOP imao značajan uticaj na dužinu snek proizvoda (tabela 18).

**Tabela 23.** Prikaz zadatih kriterijuma optimizacije

Nezavisne promenljive/varijable	Cilj	Donja granica	Gornja granica	Koeficijent važnosti
MSM (%)	u opsegu	4	12	3
PT (%)	u opsegu	10	30	3
BOP (o/min)	u opsegu	500	900	3
Zavisne promenljive/izlazi				
Dužina (mm)	maksimalna	9,99	16,27	3
Lateralna ekspanzija (%)	maksimalna	104,50	223,00	4
Nasipna masa (g/l)	minimalna	71,20	225,57	4
Tvrdoća (kg)	minimalna	5,82	10,76	3
Čvrstoća (N)	minimalna	38,29	78,24	3
Hrskavost (br. pikova)	maksimalna	64,25	135,10	5
Sadržaj proteina (%)	maksimalna	8,42	12,34	5
Sadržaj vlakna (%)	maksimalna	6,82	17,01	3

MSM - mehanički separisano meso; PT - pivski trop; BOP – brzina obrtanja puža

Optimalne vrednosti ulaznih parametara sa najvećom funkcijom poželjnosti (engl. *desirability*) su bile 4% za sadržaj MSM-a, 14,8% za sadržaj PT-a i brzina obrtanja puža od 900 o/min. Najveća ukupna funkcija poželjnosti je imala vrednost od 0,661.

### 5.2.9 Validacija modela

Na osnovu rezultata dobijenih optimizacijom, definisan je sastav napojne smeše koja je pored kukuruzne krupice sadržala i 4% MSM-a i 14,8% PT-a. Takođe, optimizacijom je definisana brzina obrtanja puža za proizvodnju optimalnog uzorka, koja je iznosila 900 o/min. Optimalni uzorak je izrađen pri istim uslovima proizvodnje, kao i proizvodi u prvoj fazi eksperimenta, odnosno vlaga smeše je bila oko 18%, protok materijala 50 kg/h, temperaturni režim u zonama 2-4/6-7 je bio podešen na 100/120 °C. U tabeli 24. prikazani su parametri ekstrudiranja optimalne smeše. Temperature u zoni 3 i 6 i na matrici su bile slične temperaturama izmerenim u prvoj fazi eksperimenta (tabela 11). Obrtni moment i SME zabeleženi tokom proizvodnje optimalnog uzorka su imali nešto više vrednosti od maksimalno zabeleženih tokom ekstrudiranja izabranih smeša (tabela 11).

**Tabela 24.** Parametri ekstrudiranja optimalne smeše

Uzorak	Optimalni (4%MSM 14,8%PT)
Brzina rotacije puža (o/min)	900
Vlaga napojne smeše (%)	18,0
Protok materijala (kg/h)	50
T3 (°C)	93,5
T6 (°C)	113,4
Tm (°C)	158-170
Obrtni moment (Nm)	88,0
Obrtni moment (%)	40,0
SME (Wh/kg)	111,3
Prečnik otvora matrice (mm)	4
Broj obrtaja noža (o/min)	350
Broj noževa	6

T3 - temperatura u zoni 3; T6 - temperatura u zoni 6, SME - specifična mehanička energija

U tabeli 25. prikazane su predviđene vrednosti odziva/izlaznih promenljivih, na osnovu odabranih optimalnih parametara, kao i eksperimentalne/realne vrednosti dobijene analizom proizvedenog optimalnog uzorka. Takođe, u tabeli 25. je prikazan i procenat odstupanja (varijacije) eksperimentalnih od predviđenih vrednosti, koji je samo kod nasipne mase iznosio preko 20%, te se može zaključiti da je

postignuto dobro slaganje predviđenih i stvarnih vrednosti izlaznih promenljivih. Drugim rečima, predviđene optimalne karakteristike su ovim kontrolnim eksperimentom verifikovane, a modeli su još jednom pokazali adekvatnost i značajnost.

**Tabela 25.** Poređenje optimalnih i eksperimentalnih vrednosti izlaznih parametara

	Dužina (mm)	Ekspanzija (%)	Nasipna masa (g/l)	Tvrdoća (kg)	Čvrstoća (N)	Hrskavost (br. pikova)	Sadržaj proteina (%)	Sadržaj vlakana (%)
Predviđene vrednosti	16,23	187,02	71,20	5,92	34,4	114,24	9,69	10,01
Eksperimentalne vrednosti	16,12	187,00	86,44	6,50	40,52	112,20	9,17	9,09
Varijacija (%)	0,68	0,01	21,40	9,80	17,79	1,79	5,37	9,19

### 5.3 Osnovna istraživanja - drugi deo

Pri optimizaciji procesa ekstrudiranja izabrana je optimalna smeša u čiji sastav je uključeno 4% MSM-a i 14,8% PT-a, a optimalni snek proizvod se ekstrudirao pri brzini obrtanja puža od 900 o/min. S obzirom da je optimalni uzorak sadržao samo 4% MSM-a, a imajući u vidu da je MSM sirovina koja je u smeši imala najviši sadržaj vlage (oko 70%), vlaga optimalne napojne smeše je bila dosta niža od vlage napojnih smeša iz prvog dela istraživanja (18%). U prvom delu istraživanja, kao što je prethodno naznačeno, u smeše sa nižim udelom vlage dodata je voda kako bi sve napojne smeše imale isti sadržaj vlage (18%). Međutim, prema literaturi, poznato je da je sadržaj vlage tokom ekstrudiranja parametar koji bitno utiče na ekspanziju proizvoda i samim tim na njegove fizičke i teksturalne karakteristike. Proces ekstrudiranja koji se odvija pri višem sadržaju vlage napojne smeše rezultira nižim stepenom ekspanzije (Carmo i sar., 20219; Liu i sar., 2000; Neder-Suarez i sar. 2021). Dodatak vode, odnosno veća vlaga testa u ekstruderu smanjuje viskoznost testa i samim tim opada pritisak u ekstruderu i na matrici, te proizvod manje ekspandira (Carmo i sar., 2019). Takođe, usled plastifikacije testa u ekstruderu, pri povećanom sadržaju vlage, smanjuje se njegova elastičnost, te opada i vrednost SME i stepen želatinizacije (Ding i sar., 2006). Imajući u vidu da se sa smanjenjem vlage očekuje proizvod boljih fizičkih i teksturalnih karakteristika, a da je izabrana optimalna smeša imala vlagu od 12,1%, odlučeno je da se tokom daljeg toka eksperimenta u napojnu smešu doda voda do postizanja sadržaja vlage od oko 15,5%, a ne 18%, kao što su imale napojne smeše u prvom delu istraživanja. Minimalni sadržaj vlage napojne smeše na bazi kukuruzne krupice pri ekstrudiranju u navednom modelu ekstrudera je 15%, jer pri nižem sadržaju vlage može doći do zagorevanja materijala, na bazi kukuruzne krupice, unutar cevi ekstrudera. Iz tog razloga je sadržaj vlage od 15,5% odabran kao optimalni.

U cilju unapređenja mineralnog sastava optimalnog snek proizvoda, pre svega radi povećanja sadržaja gvožđa, kao i iskorišćenja manje vredne sirovine (iznutrice), jedan deo MSM-a (0%, 25% i 50%) u smeši je u ovom delu eksperimenta zamenjen pilećom jetrom (PJ). Drugim rečima u daljem toku eksperimenta su bile ekstrudirane tri smeše:

- 4% MSM 14,8% PT
- 3% MSM 14,8% PT 1% PJ (25% MSM-a je zamenjeno PJ-om)
- 2% MSM 14,8% PT 2% PJ (50% MSM-a je zamenjeno PJ-om)

Jetra se deklariše kao jestivi deo koji se ne smatra mesom (Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa, „Sl. glasnik RS“, br. 50/2019 i 34/2023), te se uvođenjem ove sirovine u formulu proizvoda može postići i bolja valorizacija pileće jetre. Jetra je dodata u maloj količini, te nije imala uticaj na fizičke i teksturalne karakteristike.



Nakon ekstrudiranja, na površinu snek proizvoda nanete su smeše za prehrambene proizvode/posipi ukusa pica, sir i pesto. Pred nanošenje smeša za prehrambene proizvode, na površinu snek proizvoda je raspršena palmina mast, kako bi se posipi zalepili za suhu površinu proizvoda.

### 5.3.1 Proizvodnja uzoraka

U tabeli 26. prikazani su parametri procesa ekstrudiranja pripremljenih prethodno navedenih smeša. Parametri ekstrudiranja su bili isti kao i tokom prvog dela istraživanja, osim što je vlaga napojnih smeša u ovom delu eksperimenta iznosila oko 15,5%. Poredeći SME vrednosti, zabeležene prilikom proizvodnje optimalne smeše radi validacije modela (tabela 24, SME = 111,3 Wh/kg) i optimalne smeše bez pileće jetre proizvedene u ovom delu eksperimenta (tabela 26, SME = 125,9 Wh/kg), može se uočiti porast u SME vrednosti. Imajući u vidu da su parametri bili isti u obe eksperimentalne proizvodnje (protok materijala, brzina obrtanja puža), može se zaključiti da je navedeni porast SME bio posledica promene sadržaja vlage, odnosno promene viskoznosti materijala. Smanjenje vlage sa 18% na 15,5% je uticalo na porast viskoznosti testa u ekstruderu, (Jacques-Fajardo i sar., 2017), što dalje vodi ka porastu trenja unutar ekstrudera, a samim tim i do porasta obrtnog momenta. Povećanje SME vrednosti sa sniženjem vlage napojne smeše je u skladu sa rezultatima koje su prethodno objavili Carmo i sar. (2019) i Stojceska i sar. (2009). Temperature u zoni 3 i 6 su bile slične izmerenim temperaturama u zoni 3 i 6 u prethodnim delovima eksperimenata, dok je temperatura na matrici ekstrudera bila nešto viša. Viša temperatura na matrici ekstrudera se može objasniti zagrevanjem testa usled povećanog trenja unutar cevi ekstrudera (Iliuc, 1980)

**Tabela 26.** Parametri ekstrudiranja snek proizvoda sa definisanim sadržajem pileće jetre (0/1/2%)

Uzorak	4%MSM 14,8%PT	3% MSM 14,8% PT 1%PJ	2% MSM 14,8% PT 2%PJ
Brzina rotacije puža (o/min)	900	900	900
Vlaga ulazne smeše (%)	15,4	15,6	15,2
Protok materijala (kg/h)	50	50	50
T3 (°C)	93,4	93,7	93,6
T6 (°C)	114,6	114,5	114,7
Tm (°C)	173	173	180
Obrtni momente (Nm)	101,2	101,2	96,8
Obrtni moment (%)	46,0	46,0	44,0
SME (Wh/kg)	125,9	126,8	121,1
Prečnik otvora matrice (mm)	4	4	4
Broj obrtaja noža (o/min)	350	350	350
Broj noževa	6	6	6

T3 - temperatura u zoni 3; T6 - temperatura u zoni 6; Tm - temperatura na matrici; SME - specifična mehanička energija; MSM - mehanički separisano meso; PT - pivski trop; PJ - pileća jetra

### 5.3.2 Mikrobiološke analize

Mikrobiološki kvalitet snek proizvoda sa dodatkom mesa nije propisan Pravilnikom o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa („Sl. glasnik RS“, br. 72/2010 i 62/2018), niti Vodičem za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu (Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede, 2011), te su kao kriterijumi mikrobiološke ispravnosti dobijenih snek proizvoda uzeti kriterijumi propisani za mehanički separisano meso i za snek proizvode. U tabeli 27. dati su rezultati mikrobioloških ispitivanja snek proizvoda. *Salmonella spp.*, nije detektovana u ispitanim uzorcima, dok je broj *E. coli* i *Enterobacteriaceae* bio ispod granice detekcije. Takođe, u uzorcima nije registrovano prisustvo kvasaca i plesni. Broj aerobnih mezofilnih bakterija se kretao od <10 do 960 cfu/g.

Na osnovu prikazanih rezultata iz kojih se vidi da nisu izolovani patogeni mikroorganizmi, kvasci i plesni, kao i da je broj aerobnih mezofilnih bakterija u granicama koje propisuje Vodič za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu (Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede, 2011), može se zaključiti da su dobijeni snek proizvodi bezbedni za upotrebu.

**Tabela 27.** Mikrobiološki kvalitet snek proizvoda

Uzorak	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Enterobacteriaceae</i> (cfu/g)	Kvasci i plesni (cfu/g)	<i>E. coli</i> (cfu/g)	Br. aerobnih mezofilnih bakterija (cfu/g)
4%MSM 14,8%PT - bez začina	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	880
3%MSM 14,8%PT 1% PJ - bez začina	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	180
2%MSM 14,8%PT 2% PJ - bez začina	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	230
4%MSM 14,8%PT - pica	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	170
3%MSM 14,8%PT 1%PJ - pica	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	290
2%MSM 14,8%PT 2% PJ- pica	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	960
4%MSM 14,8%PT - sir	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	<10
3%MSM 14,8%PT 1% PJ - sir	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	140
2%MSM 14,8%PT 2% PJ - sir	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	<10
4%MSM 14,8%PT - pesto	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	120
3%MSM 14,8%PT 1% PJ - pesto	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	90
2%MSM 14,8%PT 2% PJ - pesto	nije nađeno u 25 g	<10	<100	<10	290

cfu - broj formiranih kolonija po gramu (eng. *colony forming unit per gram*) ; MSM - mehanički separisano meso; PT - pivski trop; PJ - pileća jetra

### 5.3.3 Senzorska ocena i odabir najbolje ocenjenih snek proizvoda

Premda je nutritivni sastav prehrambenih proizvoda bitan faktor koji definiše kvalitet neke namirnice, preferencije potrošača često se baziraju na senzorskim karakteristikama proizvoda. Drugim rečima, kupci/konzumenti pri odabiru namirnica posebnu pažnju posvećuju njihovim senzorskim svojstvima. Danas je potrošački i hedonistički način života široko rasprostranjen, te nije samo važno da je neki proizvod hranljiv, već i da se odlikuje poželjnim organoleptičkim svojstvima. Stoga je u okviru ove doktorske disertacije, panel treniranih ocenjivača, pomoću deskriptivne senzorske analize okarakterisao dvanaest proizvedenih snek proizvoda, a zatim dao ocenu ukupne dopadljivosti istih proizvoda.

Lista korišćenih senzorskih deskriptora sa definicijama i referentnim uzorcima data je u tabeli 5., u odeljku Materijal i metode.

Rezultati senzorske analize proizvedenih snek proizvoda prikazani su u tabeli 28. Statistička obrada podataka pokazuje da između teksturnih i fizičkih karakteristika snek proizvoda (tvrdoća, hrskavost, oštrina, apsorpcija vlage i adhezivnost; veličina pora, izgled pora, oblik snek proizvoda) nije bilo statistički značajnih razlika ( $p > 0,05$ ), što je očekivan rezultat s obzirom da su svi snek proizvodi proizvedeni pri istim uslovima, a samo se razlikuju po posipu i udelu jetre. Ovi rezultati, takođe, potvrđuju prethodnu tvrdnju da zamena dela MSM-a pilećom jetrom neće uzrokovati promene u fizičkim i teksturnim karakteristikama ekstrudata. Ispitivani snek proizvodi su se odlikovali ujednačenošću boje uzoraka u masi. Iako nije uočena statistički značajna razlika između pojedinačnih uzoraka, rezultati ujednačenosti boje za uzorke sa aromama pice i pesta su ocenjeni višim ocenama, odnosno odlikovali su se manjom ujednačenošću boje među pojedinačnim uzorcima. Razlika u boji među uzorcima mogla je da nastane usled boje posipa, pri čemu je mešavina sa ukusom sira imala žućkastu, slabo primetnu boju, dok su se posipi sa ukusom pice i pesta odlikovali crvenom i zelenom bojom, redom. Kao što se moglo očekivati, intenzitet stranog mirisa je ocenjen niskim ocenama kod svih uzoraka, odnosno nije detektovan ni u jednom uzorku, i nije bilo značajne razlike među uzorcima ( $p > 0,05$ ). Kod ocene ukupnog mirisa i ukupne ukusnosti, jasno su se izdvojili uzorci bez posipa koji su imali statistički značajno ( $p < 0,05$ ) najniže ocene ukupnog mirisa i ukupne ukusnosti. Imajući u vidu da miris i ukusnost proizvoda najviše potiču od posipa, ovi rezultati su bili očekivani. Uzorci se statistički značajno nisu razlikovali po intenzitetu ukusnosti sena, ali iz tabele 28. se može primetiti da je ona bila zastupljenija kod uzoraka bez začina, jer nije imalo šta da zamaskira ukusnost osnovnih sastojaka, u kojima dominira ukusnost pivskog tropa koja podseća na seno. U pogledu intenziteta slatkog ukusa, skoro da nije bilo statistički značajne razlike među uzorcima, osim što su se uzorci sa ukusom pice odlikovali najslađim ukusom, a uzorci sa ukusom pesta najmanje slatkim. Sa druge strane, upravo su se ovi uzorci odlikovali najmanjim (uzorci sa ukusom pice) i najvišim intenzitetom gorkog ukusa (uzorci sa ukusom pesta).

Tabela 28. Senzorska ocena snek proizvoda

Senzorska svojstva	Uzorci											
	M4	M3J1	M2J2	M4_pica	M3J1_pica	M2J2_pica	M4_sir	M3J1_sir	M2J2_sir	M4_pesto	M3J1_pesto	M2J2_pesto
M_ukupno	22,6±12,2 <sup>a</sup>	23,0±12,4 <sup>a</sup>	23,3±12,0 <sup>a</sup>	56,6±19,6 <sup>a,b</sup>	53,4±16,8 <sup>a,b</sup>	54,8±23,8 <sup>a,b</sup>	54,8±25,8 <sup>a,b</sup>	56,9±16,8 <sup>b</sup>	50,7±16,7 <sup>a,b</sup>	63,0±31,6 <sup>b</sup>	68,0±19,2 <sup>b</sup>	54,7±31,5 <sup>a,b</sup>
M_pica	2,1±3,1 <sup>a</sup>	3,3±8,2 <sup>a</sup>	10,3±20,0 <sup>a</sup>	57,7±28,5 <sup>c</sup>	50,3±24,8 <sup>b,c</sup>	57,3±32,4 <sup>c</sup>	8,4±13,9 <sup>a</sup>	3,4±6,4 <sup>a</sup>	5,4±7,8 <sup>a</sup>	19,7±30,4 <sup>a,b</sup>	21,0±31,6 <sup>a,b</sup>	16,6±31,7 <sup>a,b</sup>
M_sir	13,0±14,4 <sup>a</sup>	7,4±11,3 <sup>a</sup>	18,2±14,5 <sup>a</sup>	11,4±11,2 <sup>a</sup>	29,7±33,5 <sup>a,b</sup>	12,9±18,8 <sup>a</sup>	62,9±21,2 <sup>c</sup>	56,2±30,8 <sup>b,c</sup>	62,9±28,9 <sup>c</sup>	14,1±12,9 <sup>a</sup>	9,3±6,8 <sup>a</sup>	10,8±11,2 <sup>a</sup>
M_bosiljak	3,6±6,4 <sup>a</sup>	4,8±7,7 <sup>a</sup>	13,3±21,1 <sup>a</sup>	17,6±18,6 <sup>a</sup>	24,2±17,3 <sup>a</sup>	18,6±22,3 <sup>a</sup>	9,6±14,4 <sup>a</sup>	7,1±9,8 <sup>a</sup>	2,3±3,2 <sup>a</sup>	57,7±30,3 <sup>b</sup>	72,6±24,4 <sup>b</sup>	59,1±32,0 <sup>b</sup>
M_strani	4,4±6,2 <sup>a</sup>	2,4±4,0 <sup>b</sup>	3,6±4,3 <sup>a</sup>	2,9±3,2 <sup>a</sup>	8,7±6,2 <sup>a</sup>	13,3±22,2 <sup>a</sup>	11,7±8,8 <sup>a</sup>	12,1±10,1 <sup>a</sup>	10,9±14,5 <sup>a</sup>	6,7±4,7 <sup>a</sup>	21,2±21,6 <sup>a</sup>	16,0±22,0 <sup>a</sup>
Oblik	20,6±15,6 <sup>a</sup>	17,1±11,7 <sup>a</sup>	14,1±8,8 <sup>a</sup>	9,1±8,1 <sup>a</sup>	10,9±14,9 <sup>a</sup>	11,4±8,4 <sup>a</sup>	12,0±10,4 <sup>a</sup>	12,2±12,2 <sup>a</sup>	13,6±10,3 <sup>a</sup>	11,6±8,2 <sup>a</sup>	13,8±13,0 <sup>a</sup>	12,4±13,4 <sup>a</sup>
UB	13,6±8,9 <sup>a</sup>	11,2±9,7 <sup>a</sup>	12,3±10,4 <sup>a</sup>	32,0±31,3 <sup>a</sup>	21,6±22,0 <sup>a</sup>	31,9±25,8 <sup>a</sup>	13,6±13,4 <sup>a</sup>	15,1±17,7 <sup>a</sup>	11,1±11,5 <sup>a</sup>	28,3±25,0 <sup>a</sup>	36,9±24,9 <sup>a</sup>	23,3±25,4 <sup>a</sup>
PV	50,8±21,1 <sup>a</sup>	48,6±17,8 <sup>a</sup>	51,0±8,6 <sup>a</sup>	44,0±31,8 <sup>a</sup>	30,8±29,2 <sup>a</sup>	31,3±29,9 <sup>a</sup>	44,4±24,4 <sup>a</sup>	53,8±14,4 <sup>a</sup>	38,4±23,3 <sup>a</sup>	44,3±23,1 <sup>a</sup>	48,3±21,4 <sup>a</sup>	48,0±22,3 <sup>a</sup>
PI	18,6±18,1 <sup>a</sup>	14,3±14,7 <sup>a</sup>	26,3±14,3 <sup>a</sup>	14,2±14,4 <sup>a</sup>	20,8±17,5 <sup>a</sup>	11,4±11,0 <sup>a</sup>	16,9±16,2 <sup>a</sup>	25,0±13,4 <sup>a</sup>	16,7±12,3 <sup>a</sup>	20,4±18,3 <sup>a</sup>	21,0±20,5 <sup>a</sup>	21,6±19,5 <sup>a</sup>
Slatkoća	6,6±4,2 <sup>a,b</sup>	4,2±4,0 <sup>a,b</sup>	4,4±6,1 <sup>a,b</sup>	10,7±10,5 <sup>a,b</sup>	13,2±17,9 <sup>a,b</sup>	20,8±20,1 <sup>b</sup>	12,3±13,6 <sup>a,b</sup>	7,3±8,1 <sup>a,b</sup>	8,4±9,0 <sup>a,b</sup>	4,9±6,2 <sup>a,b</sup>	4,1±8,4 <sup>a,b</sup>	3,8±3,5 <sup>a,b</sup>
Gorčina	3,9±6,4 <sup>a</sup>	5,0±7,2 <sup>a</sup>	5,4±9,9 <sup>a</sup>	6,6±9,2 <sup>a</sup>	9,9±12,3 <sup>a</sup>	8,6±8,6 <sup>a</sup>	1,1±2,4 <sup>a</sup>	4,3±5,1 <sup>a</sup>	3,6±5,9 <sup>a</sup>	11,4±9,0 <sup>a,b</sup>	14,2±9,6 <sup>b</sup>	27,8±25,9 <sup>b</sup>
Slanoća	8,2±6,0 <sup>a</sup>	11,8±7,9 <sup>a</sup>	7,1±6,2 <sup>a</sup>	24,0±28,4 <sup>a</sup>	40,0±30,7 <sup>a</sup>	21,1±31,4 <sup>a</sup>	30,7±23,8 <sup>a</sup>	21,6±22,1 <sup>a</sup>	29,4±16,7 <sup>a</sup>	33,3±28,1 <sup>a</sup>	43,4±28,3 <sup>a</sup>	25,6±27,7 <sup>a</sup>
Kiselost	1,1±1,0 <sup>a</sup>	2,0±2,4 <sup>a</sup>	1,1±1,1 <sup>a</sup>	6,4±7,0 <sup>a,b</sup>	9,8±8,0 <sup>a,b</sup>	5,2±5,1 <sup>a,b</sup>	11,8±15,2 <sup>a,b</sup>	6,7±9,1 <sup>a,b</sup>	5,4±8,0 <sup>a,b</sup>	8,6±5,5 <sup>a,b</sup>	16,0±13,8 <sup>b</sup>	9,8±11,0 <sup>a,b</sup>
Umami	5,3±8,4 <sup>a</sup>	2,1±2,8 <sup>a</sup>	2,4±2,6 <sup>a</sup>	13,0±12,3 <sup>a,b</sup>	15,2±14,3 <sup>a,b</sup>	12,9±16,6 <sup>a,b</sup>	9,4±10,5 <sup>a,b</sup>	11,1±11,6 <sup>a,b</sup>	7,6±9,5 <sup>a,b</sup>	13,9±12,0 <sup>a,b</sup>	23,2±12,4 <sup>b</sup>	11,8±9,7 <sup>a,b</sup>
U_ukupno	12,9±13,7 <sup>a</sup>	10,2±7,7 <sup>a</sup>	11,3±9,8 <sup>a</sup>	68,0±21,2 <sup>b</sup>	60,1±17,1 <sup>b</sup>	53,7±27,9 <sup>b</sup>	47,9±20,7 <sup>b</sup>	37,8±27,7 <sup>a,b</sup>	34,6±25,9 <sup>a,b</sup>	56,7±24,2 <sup>b</sup>	67,2±16,9 <sup>b</sup>	50,2±31,9 <sup>b</sup>
U_pica	0,6±1,0 <sup>a</sup>	0,7±1,1 <sup>a</sup>	1,9±4,2 <sup>a</sup>	61,6±26,2 <sup>b</sup>	67,0±23,3 <sup>b</sup>	55,8±26,8 <sup>b</sup>	11,2±17,0 <sup>a</sup>	11,2±12,9 <sup>a</sup>	6,0±6,3 <sup>a</sup>	13,1±17,0 <sup>a</sup>	16,9±21,5 <sup>a</sup>	9,9±12,4 <sup>a</sup>
U_sir	11,3±15,1 <sup>a</sup>	6,2±10,3 <sup>a</sup>	9,8±12,5 <sup>a</sup>	21,9±26,5 <sup>a,b</sup>	20,6±23,8 <sup>a,b</sup>	7,4±10,5 <sup>a</sup>	56,6±18,5 <sup>c</sup>	51,4±28,3 <sup>b,c,d</sup>	54,4±21,0 <sup>c,d</sup>	11,2±11,9 <sup>a</sup>	14,7±17,1 <sup>a</sup>	23,8±27,6 <sup>a,b,d</sup>
U_pesto	1,2±1,6 <sup>a</sup>	1,6±3,2 <sup>a</sup>	7,6±20,1 <sup>a</sup>	13,6±23,0 <sup>a,b</sup>	4,9±6,4 <sup>a</sup>	14,9±24,3 <sup>a,b,c</sup>	7,2±11,2 <sup>a</sup>	7,6±9,6 <sup>a</sup>	9,6±13,2 <sup>a</sup>	45,1±26,1 <sup>c,d</sup>	52,4±30,8 <sup>d</sup>	43,0±29,7 <sup>b,c,d</sup>
U_seno	17,0±28,9 <sup>a</sup>	17,2±18,5 <sup>a</sup>	20,0±25,2 <sup>a</sup>	8,6±19,4 <sup>a</sup>	3,2±4,2 <sup>a</sup>	5,3±11,2 <sup>a</sup>	5,0±4,1 <sup>a</sup>	9,8±8,7 <sup>a</sup>	5,3±5,6 <sup>a</sup>	11,1±9,5 <sup>a</sup>	16,1±17,9 <sup>a</sup>	3,1±3,4 <sup>a</sup>
U_gvožđe	0,8±1,6 <sup>a</sup>	0,3±0,7 <sup>a</sup>	1,7±3,3 <sup>a</sup>	4,8±5,8 <sup>a</sup>	13,1±10,9 <sup>a,b</sup>	8,7±8,9 <sup>a,b</sup>	1,3±2,1 <sup>a</sup>	1,7±2,6 <sup>a</sup>	3,6±4,4 <sup>a</sup>	6,3±9,3 <sup>a,b</sup>	10,2±17,9 <sup>a,b</sup>	21,1±23,3 <sup>b</sup>
Tvrdoća	49,6±14,2 <sup>a</sup>	49,2±19,8 <sup>a</sup>	50,1±13,1 <sup>a</sup>	47,6±9,9 <sup>a</sup>	38,0±18,2 <sup>a</sup>	49,8±11,6 <sup>a</sup>	46,3±21,3 <sup>a</sup>	36,4±18,2 <sup>a</sup>	42,2±18,4 <sup>a</sup>	42,9±9,7 <sup>a</sup>	44,7±15,4 <sup>a</sup>	46,1±10,5 <sup>a</sup>
Hrskavost	76,2±15,0 <sup>a</sup>	75,9±14,2 <sup>a</sup>	72,0±13,7 <sup>a</sup>	73,9±8,8 <sup>a</sup>	62,1±24,1 <sup>a</sup>	63,7±19,7 <sup>a</sup>	74,3±12,9 <sup>a</sup>	80,2±6,9 <sup>a</sup>	64,1±19,2 <sup>a</sup>	75,8±8,7 <sup>a</sup>	76,7±14,8 <sup>a</sup>	66,1±11,9 <sup>a</sup>
Grubost	41,3±17,0 <sup>a</sup>	37,9±18,8 <sup>a</sup>	35,9±12,3 <sup>a</sup>	36,7±20,0 <sup>a</sup>	30,8±18,6 <sup>a</sup>	37,9±21,9 <sup>a</sup>	32,9±13,1 <sup>a</sup>	29,4±17,6 <sup>a</sup>	36,8±17,7 <sup>a</sup>	37,3±17,5 <sup>a</sup>	30,9±9,1 <sup>a</sup>	35,9±15,6 <sup>a</sup>
AV	65,2±27,6 <sup>a</sup>	74,6±22,1 <sup>a</sup>	68,1±27,1 <sup>a</sup>	68,6±18,3 <sup>a</sup>	70,6±18,1 <sup>a</sup>	64,8±19,5 <sup>a</sup>	74,4±15,8 <sup>a</sup>	76,9±17,0 <sup>a</sup>	66,8±18,7 <sup>a</sup>	75,9±15,0 <sup>a</sup>	66,7±16,8 <sup>a</sup>	67,4±16,3 <sup>a</sup>
Adhezivnost	51,7±20,8 <sup>a</sup>	56,2±12,9 <sup>a</sup>	50,1±15,6 <sup>a</sup>	44,7±21,8 <sup>a</sup>	44,0±21,8 <sup>a</sup>	48,9±26,4 <sup>a</sup>	50,6±24,4 <sup>a</sup>	51,6±21,9 <sup>a</sup>	46,1±14,1 <sup>a</sup>	50,4±22,7 <sup>a</sup>	44,0±23,2 <sup>a</sup>	41,3±19,8 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup>Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno ( $p < 0,05$ ) razlikuju. Statistička analiza je urađena pomoću HSD Tukey testa.

U - ukusnost, M - miris, UB - ujednačenost boje među uzorcima, AV - apsorpcija vlage, PV - veličina pora; PI - izgled pora; M4 - uzorci sa 4% mehanički separisanog mesa; M3J1 - uzorci sa 3% mehanički separisanog mesa i 1% jetre; M2J2 - uzorci sa 2% mehanički separisanog mesa i 2% jetre

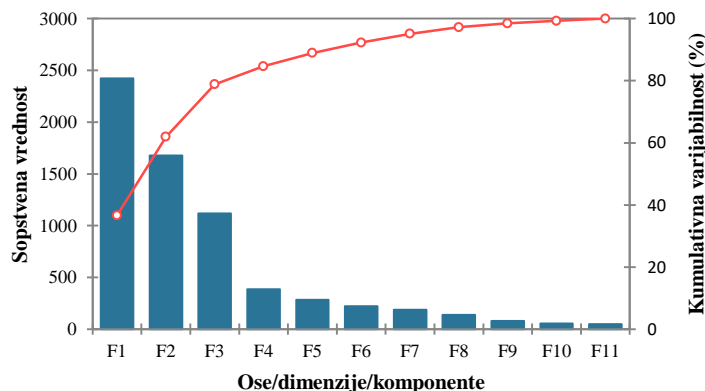
S obzirom da je intenzitet gorkog ukusa ocenjen kao nizak u svim uzorcima, može se zaključiti da pivski trop i pileća jetra, koje karakteriše gorak ukus, nisu dodati u količinama koje mogu intenzivirati gorčinu snek proizvoda. Statistički značajnih razlika u pogledu intenziteta kiselog i umami ukusa među uzorcima sa mešavinom začina nije bilo, jedino su se značajno razlikovali ( $p < 0,05$ ) snek proizvodi bez začina koji su se odlikovali najblažim ukusom, odnosno bez primesa umami i kiselog ukusa.

Ocene panelista često mogu da sadrže različite varijacije. Te varijacije predstavljaju visinu pojedinačnih ocena, opseg korišćenja skale, kao i razliku percepcije nekog senzornog svojstva. Imajući u vidu da je senzorska ocena proizvedenih snek proizvoda izvedena u specifičnim uslovima (pandemija COVID-19) i da ocenjivači nisu dugo imali panelske sesije zbog rada od kuće, kao i usled uticaja epidemije na čula (posebno čulo mirisa), može se zaključiti da su panel činili delimično utrenirani ocenjivači. Zbog prethodno navedenih razloga, sirovi podaci, odnosno ocene panelista, su se pre analize glavnih komponenata (engl. *Principal Component Analysis* - PCA) obradili uopštenom Prokrust analizom (engl. *General Procrust Analysis* - GPA), kojom se eliminišu navedene varijacije. Prokrust analizom se sirovi podaci transformišu i dobija se konsenzus matrica/podaci. Konsenzus podaci su dalje podvrgnuti PCA analizi. PCA opisuje međusobni odnos ispitivanih senzorskih karakteristika i prisutnost tih karakteristika kod ispitanih proizvoda. PCA omogućava dobijanje sažetog prikaza velikog broja merenja, i rezultati PCA analize se najčešće grafički prikazuju u vidu 2D ili 3D dijagrama. Na dobijenim graficima su prikazani međusobni odnosi ispitivanih karakteristika i proizvoda, pri čemu ose čine nove dimenzije nazvane „glavne komponente“, među kojima ne postoji korelacija (Tomić, 2021). Na dijagramu glavnih komponenata senzorske karakteristike koje su u pozitivnoj korelaciji ( $r$  blisko +1) pozicionirane su blizu jedna drugoj, dok su one koje negativno koreliraju ( $r$  blisko -1) postavljene dijametralno suprotno (Tomić, 2021).

Prva osnovna komponenta obuhvata najveći deo podataka, i u ovom istraživanju to je bilo 36,62%, dok naredne opisuju preostali deo varijanse, pri čemu svaka sledeća opisuje sve manji i manji deo varijanse podataka (grafik 20). Prve dve osnovne komponente (F1 i F2) objasnile su 61,96% varijabilnosti rezultata profilisanja snek proizvoda. S obzirom da je ovaj procenat relativno nizak, uzeta je u obzir i treća komponenta (F3), te je zbirno opisano 78,83% varijabilnosti podataka.

Korelacije ispitanih senzorskih karakteristika sa tri glavne komponente, date su u tabeli 29., pri čemu su podebljane najveće korelacije senzorskih karakteristika sa jednom od prve tri glavne komponente. Iz tabele 29., jasno se vidi da prvu komponentu definišu sledeće senzorske karakteristike: ukupan miris, miris na picu/kečap, pravilnost oblika, ujednačenost boje, veličina pora, intenzitet slanog ukusa, kiselost, umami, ukupna ukusnost, ukusnost pice/kečapa, ukusnost gvožđa/jetre, hrskavost i adhezivnost. Druga komponenta je u pozitivnoj korelaciji sa intenzitetom slatkog ukusa, a u negativnoj sa mirisom na pesto/bosiljak, stranim mirisom, izgledom pora na preseku, gorkim ukusom i intenzitetom ukusnosti na

pesto/bosiljak. Miris na sir, ukusnost na sir, ukusnost na seno/travu, tvrdoća, grubost/oštrina i apsorpcija vlage ponajviše definišu komponentu F3.



**Grafik 20.** Grafički prikaz veličine osnovnih/glavnih komponenata

Sa grafika 21. se vidi da postoji pozitivna korelacija između ukupne ukusnosti i ukupnog mirisa, što je očekivano, jer ukusnost predstavlja ukupan doživljaj mirisa i ukusa, kao i preostalih hemijskih osećaja i senzacija koje nastaju u usnoj i nosnoj šupljini (Tomić, 2021). Obe ove karakteristike su u pozitivnoj korelaciji sa F1 dimenzijom. Pozitivna korelacija između ukusnosti i mirisa može se uočiti i kod odgovarajućih karakteristika za pojedine posipe, odnosno ukusnost i miris na picu/kečap su međusobno blisko pozicionirane na grafiku, kao i ukusnost i miris na sir i ukusnost i miris na pesto/bosiljak. Sladak ukus je u pozitivnoj korelaciji sa ukusnošću na picu, što je očekivano, imajući u vidu da su panelisti proizvode sa posipom pica ocenili kao najslađe. Isto tako je gorak ukus najbliži ukusnosti na pesto/bosiljak. Sa druge strane, veličina pora i hrskavost su u međusobnoj pozitivnoj korelaciji, potvrđujući navode literature da hrskaviji proizvodi više ekspanduju, te imaju veće pore (Altan i sar., 2008), ali u negativnoj korelaciji sa F1 dimenzijom.

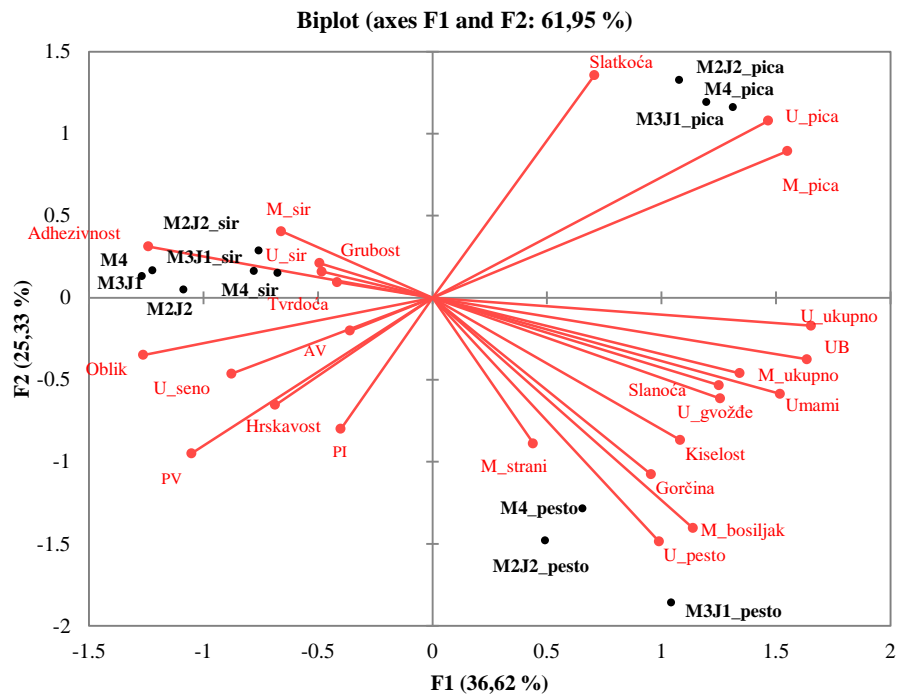
Prema analogiji na prethodno objašnjene pozicije senzornih karakteristika na graficima, ispitani uzorci će na dijagramu biti pozicionirani tako da oni koji su blizu jedan drugog su međusobno slični po senzorskim karakteristikama usmerenim ka njima. Kod tih uzoraka izraženije su senzorske osobine koje su na dijagramu smeštene blizu njih, a manje zastupljene one karakteristike koje su na dijagramu postavljene suprotno. Odnosno, udaljeniji proizvodi se više razlikuju, u pogledu ispitanih senzorskih karakteristika, nego proizvodi grupisani jedan pored drugog (Tomić, 2021). Na osnovu grafika 21., može se zaključiti da je multivarijantna analiza dala jasnu diferencijaciju uzoraka u odnosu na ispitana senzorska svojstva, pri čemu su uzorci sa dodatkom arome pice i pesta po pojedinim karakteristikama međusobno sličniji u poređenju sa uzorcima bez dodate arome i sa dodatkom arome sira. Uzorci bez dodate arome na B

dijagramu (F1-F3) su se jasno izdvojili u odnosu na ostale uzorke (sa nekom od aroma) po izraženim karakteristikama teksture. S obzirom da su svi uzorci proizvedeni od iste smeše ekstrudirane pri istim uslovima, same teksturne osobine snek proizvoda ne bi trebale da se bitno razlikuju. Međutim, ovi rezultati se mogu objasniti odsustvom intenzivne ukusnosti, te su ocenjivači kod ovih uzoraka više pažnje usmerili na teksturu proizvoda. Takođe, uzorci istog ukusa, a koji se međusobno razlikuju po udelu pileće jetre su međusobno u pozitivnoj korelaciji, odnosno grupisani na jednom mestu na dijagramu. Iz ovoga se može zaključiti da dodatak jetre nije imao uticaj na ispitane senzorske karakteristike proizvedenih snek proizvoda.

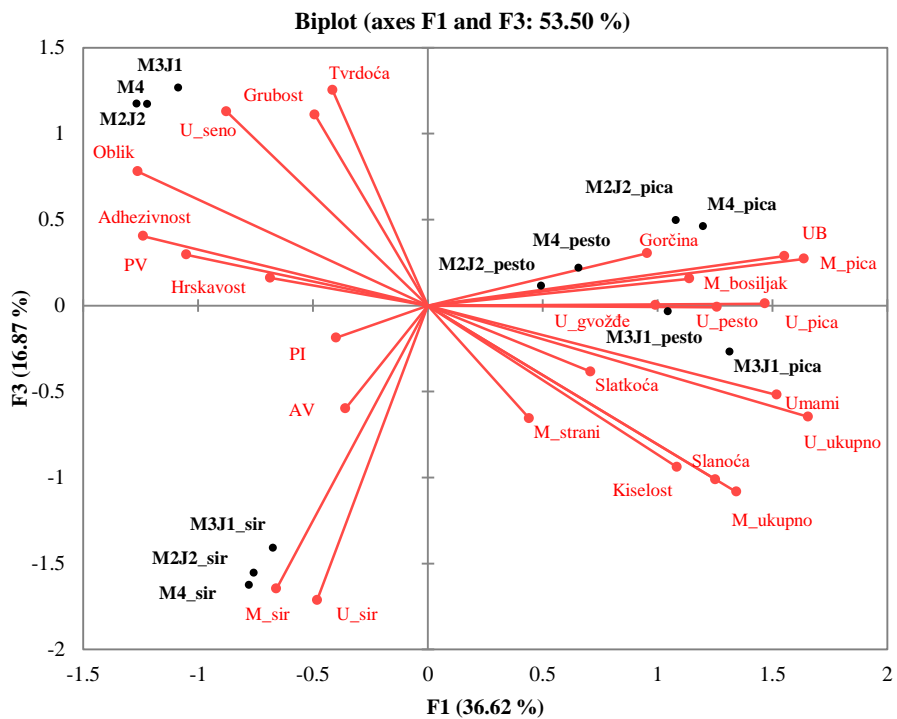
**Tabela 29.** Doprinosi varijabli za prve tri glavne komponente F1, F2 i F3

Senzorna karakteristika	Oznaka na dijagramu	F1	F2	F3
Intenzitet ukupnog mirisa	M_ukupno	<b>0,733</b>	-0,251	-0,591
Intenzitet mirisa na kečap/picu	M_pica	<b>0,847</b>	0,488	0,157
Intenzitet mirisa na sir	M_sir	-0,360	0,221	<b>-0,899</b>
Intenzitet mirisa na pesto/bosiljak	M_bosiljak	0,621	<b>-0,766</b>	0,085
Intenzitet stranog mirisa	M_strani	0,240	<b>-0,485</b>	-0,358
Pravilnost oblika	Oblik	<b>-0,689</b>	-0,191	0,425
Ujednačenost boje među uzorcima	UB	<b>0,893</b>	-0,205	0,148
Veličina pora na preseku	PV	<b>-0,574</b>	-0,518	0,162
Izgled pora na preseku	PI	-0,218	<b>-0,436</b>	-0,102
Intenzitet slatkog ukusa	Slatkoća	0,386	<b>0,740</b>	-0,210
Intenzitet gorkog ukusa	Gorčina	0,521	<b>-0,588</b>	0,166
Intenzitet slanog ukusa	Slanoća	<b>0,683</b>	-0,291	-0,552
Intenzitet kiselog ukusa	Kiselost	<b>0,591</b>	-0,474	-0,513
Intenzitet umami ukusa	Umami	<b>0,829</b>	-0,320	-0,284
Intenzitet ukupne ukusnosti	U_ukupno	<b>0,903</b>	-0,093	-0,353
Intenzitet ukusnosti na picu/kečap	U_pica	<b>0,800</b>	0,588	0,006
Intenzitet ukusnosti na sir	U_sir	-0,263	0,087	<b>-0,935</b>
Intenzitet ukusnosti na pesto/bosiljak	U_pesto	0,541	<b>-0,811</b>	0,001
Intenzitet ukusnosti na seno/travu	U_seno	-0,479	-0,253	<b>0,616</b>
Intenzitet ukusnosti na gvožđe/jetru	U_gvožđe	<b>0,686</b>	-0,336	-0,005
Tvrdoća	Tvrdoća	-0,227	0,052	<b>0,684</b>
Hrskavost	Hrskavost	<b>-0,374</b>	-0,357	0,088
Grubost/oštrina	Grubost	-0,269	0,115	<b>0,606</b>
Apsorpcija vlage	AV	-0,196	-0,110	<b>-0,327</b>
Adhezivnost	Adhezivnost	<b>-0,676</b>	0,170	0,221





A



B

**Grafik 21.** Biplot dijagram pozicije ispitanih snek proizvoda u PC prostoru u odnosu na posmatrani set izvornih varijabli

U - ukusnost, M - miris, UB - ujednačenost boje među uzorcima, AV - apsorpcija vlage, PV - veličina pora; PI - izgled pora; M4 - uzorci sa 4% mehanički separisanog mesa; M3J1 - uzorci sa 3% mehanički separisanog mesa i 1% jetre; M2J2 - uzorci sa 2% mehanički separisanog mesa i 2% jetre;

Pored senzorskog profilisanja snek proizvoda, panelisti su dali i ocenu ukupne dopadljivosti uzoraka (tabela 30). Vrednosti u tabeli predstavljaju srednje ocene panelista, prikazane sa standardnom devijacijom. Na osnovu statističke analize rezultata ukupne dopadljivosti, pomoću HSD Tukey testa sa nivoom poverenja 95%, može se zaključiti da među rezultatima ne postoji statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ). S obzirom da su najbolje ocenjeni uzorci M3J1\_pica i M3J1\_sir, odlučeno je da ova dva uzorka idu na dalju detaljnu nutritivnu analizu, test antioksidativne aktivnosti i potrošački test, u kome će se uporediti sa sličnim komercijalno-dostupnim uzorcima.

**Tabela 30.** Ocena ukupne dopadljivosti snek proizvoda od strane senzorskog panela

Uzorci	Skraćenica	Ukupna dopadljivost*
4%MSM 14,8% PT - bez začina	M4	5,33 ± 1,58 <sup>a</sup>
3%MSM 14,8% PT 1%PJ - bez začina	M3J1	5,22 ± 1,12 <sup>a</sup>
2%MSM 14,8% PT 2%PJ - bez začina	M2J2	5,72 ± 0,97 <sup>a</sup>
4%MSM 14,8% PT - pica	M4_pica	6,72 ± 1,68 <sup>a</sup>
<b>3%MSM 14,8% PT 1%PJ - pica</b>	<b>M3J1_pica</b>	<b>7,00 ± 1,12<sup>a</sup></b>
2%MSM 14,8% PT 2%PJ - pica	M2J2_pica	6,95 ± 1,29 <sup>a</sup>
4%MSM 14,8% PT - sir	M4_sir	6,61 ± 2,47 <sup>a</sup>
<b>3%MSM 14,8% PT 1%PJ - sir</b>	<b>M3J1_sir</b>	<b>7,00 ± 1,58<sup>a</sup></b>
2%MSM 14,8% PT 2%PJ - sir	M2J2_sir	5,56 ± 2,46 <sup>a</sup>
4%MSM 14,8% PT - pesto	M4_pesto	6,22 ± 1,72 <sup>a</sup>
3%MSM 14,8% PT 1%PJ - pesto	M3J1_pesto	6,22 ± 1,79 <sup>a</sup>
2%MSM 14,8% PT 2%PJ - pesto	M2J2_pesto	6,06 ± 1,47 <sup>a</sup>

<sup>a-a</sup>Vrednosti označene različitim slovima statistički se značajno ( $p < 0,05$ ) razlikuju. Statistička analiza je urađena pomoću HSD Tukey testa.

\* Ukupna dopadljivost je ocenjivana ocenama od 0 do 9, pri čemu je raspon ocena bio sledeći: 1- izuzetno mi se ne sviđa; 5 - niti mi se ne sviđa, niti mi se sviđa; 9 - izuzetno mi se sviđa.

MSM - mehanički separisano meso; PT - pivski trop; PJ - pileća jetra

### 5.3.4 Nutritivna analiza senzorski najbolje ocenjenih snek proizvoda

Na osnovu ocena ukupne dopadljivosti snek proizvoda, kao najbolje ocenjeni uzorci izdvojili su se snek proizvodi 3%MSM 14,8%PT 1%PJ sa ukusom pice (M3J1\_pica) i 3%MSM 14,8%PT 1%PJ sa ukusom sira (M3J1\_sir). Ova dva proizvoda su u daljem toku istraživanja bila okarakterisana sa nutritivnog aspekta, antioksidativne aktivnosti i dopadljivosti potrošača.

U tabeli 31. dat je pregled osnovnih nutritivnih vrednosti senzorski najbolje ocenjenih snek proizvoda (M3J1\_pica i M3J1\_sir). Tabela je napravljena po uzoru na nutritivne tabele za prehrambene proizvode čiju formu propisuje Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane („Sl. glasnik RS”, br.

19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022). Takođe, energetska vrednost proizvoda je izračunata prema pravilima koje propisuje isti Pravilnik („Sl. glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022), korišćenjem konverzionih faktora prikazanih u Prilogu 13 navedenog Pravilnika.

S obzirom da se izabrani proizvodi razlikuju samo po dodatom ukusu, njihove nutritivne karakteristike su slične. Kako bi se nanele smeše začina neophodno je bilo prvo dodati palmino ulje na površinu proizvoda, s toga je sadržaj masti snek proizvoda porastao na oko 12,5%. Bez obzira na ovaj porast, utvrđeni sadržaj masti je duplo manji od sadržaja masti u većini komercijalnih slanin snek proizvoda (tabela 1). Stoga ovaj proizvod ispunjava uslov da nosi oznaku „light“ ili proizvod sa smanjenom količinom masti, jer je zadovoljen uslov propisan Pravilnikom o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane („Sl. glasnik RS“, br. 51/2018 i 103/2018). Naime, prema navedenom Pravilniku „Izjava da je količina jedne ili više hranljivih materija smanjena i svaka izjava za koju je verovatno da ima isto značenje za potrošača, može se navoditi samo ako to smanjenje količine iznosi najmanje 30% u odnosu na slične proizvode“ i „Izjava da je neki proizvod “light” (lagano) i svaka izjava za koju je verovatno da ima isto značenje za potrošača, sledi iste uslove kao što su uslovi utvrđeni za pojam *smanjena količina*“.

Sadržaj vlakana u ispitanim snek proizvodima iznosio je oko 7%, te se proizvodi mogu okarakterisati kao proizvod *bogat vlaknima*. Naime, prema Pravilniku o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane („Sl. glasnik RS“, br. 51/2018 i 103/2018) da bi se proizvod mogao ovako okarakterisati potrebno je da sadrži „najmanje 6 g vlakana na 100 g“. Takođe, poredeći snek proizvode dobijene u okviru ovog istraživanja sa popularnim slanim snek proizvodima na tržištu Republike Srbije (tabela1) može se uočiti značajno veći sadržaj vlakana.

Iako Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane („Sl. glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022) ne propisuje preporučeni dnevni unos za vlakna, prema Upravi za hranu i lekove (engl. Food and Drug Agency - FDA) vlakna spadaju u makronutrijente i stoga je za njih definisan preporučeni dnevni unos, koji iznosi 30g po danu za prosečnu osobu.

Konzumiranjem 100g nutritivno unapređenih snek proizvoda razvijenih tokom ovog eksperimenta zadovolji se oko 25% dnevne potrebe za unosom vlakana. Redovan unos prehrambenih vlakana u odgovarajućoj količini je bitan jer doprinosi prevenciji mnogih bolesti, posebno onih čiji je uzrok nepravilna ishrana (Brownlee, 2011; Buth i sar., 2012; Dhingra i sar., 2012; Gyura i sar., 2016). Vlakna mogu da utiču na smanjenje holesterola u krvi, tako što eliminišu holesterol koji unosimo hranom, a ujedno i smanjuju nivo holesterola koji produkuje naše telo. Takođe, vlakna mogu, na više načina, da doprinesu u borbi protiv gojaznosti. Pre svega, hrana bogata vlaknima ima nižu energetska vrednost, zatim rastvorljiva vlakna bubre, stvarajući osećaj sitosti, ubrzavaju pražnjenje želuca, kontrolišu koncentraciju glukoze u plazmi. Sa druge strane nerastvorljiva vlakna zahtevaju intenzivno mehaničko

razlaganje, te na taj način smanjuju brzinu konzumiranja hrane i povećavaju volumen fecesa (Brownlee, 2011; Buth i sar., 2012).

Sadržaj proteina u ispitanim snek proizvodima je bio oko 7,5%. Niži sadržaj proteina u ovim uzorcima u odnosu na uzorke iz prvog dela doktorata je posledica dodatka palmine masti, usled čega je porastao sadržaj masti, a smanjio se udeo ostalih makromolekula. Poredeći sadržaj proteina u ovim uzorcima sa sadržajem proteina u komercijalnim slanim snek proizvodima dostupnim na tržištu Republike Srbije, može se uočiti da se oni nalaze negde u sredini. Drugim rečima na tržištu Republike Srbije postoje slani snek proizvodi koji se odlikuju i višim i nižim sadržajem proteina (tabela 1).

**Tabela 31.** Nutritivne vrednosti dobijenih i komercijalnih snek proizvoda

	M3J1_pica	M3J1_sir	Referentni dnevni unos (odrasli)*
Energija (kJ/kcal)	1733/412	1728/411	8400 kJ/2000 kcal
Masti (%)	12,78	12,30	70 g
od kojih			
- zasićene masne kiseline (%)	5,54	5,49	20 g
Ugljeni hidrati (%)	70,27	71,29	260 g
od kojih			
- šećeri (%)	8,63	6,54	90 g
- vlakna (%)	7,06	6,97	/
Proteini (%)	7,60	7,31	50 g
So (%)	1,48	1,75	6 g

\* Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane („Sl. glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022)

Sadržaj soli u dobijenim proizvodima sa ukusom pice i sira je iznosio 1,48% i 1,75%, redom. Viši sadržaj soli kod snek proizvoda sa ukusom sira je posledica sastava korišćene komercijalne smeše za prehrambene proizvode. So (natrijum hlorid) je nezaobilazni dodatak slanih i slatkih jela jer pozitivno utiče na ukus proizvoda, a takođe ima i ulogu konzervansa. Konzumiranjem soli, u organizam se unosi natrijum koji utiče na različite fiziološke funkcije. Prekomeran unos natrijuma vodi ka disbalansu u organizmu, te doprinosi visokom krvnom pritisku i bolestima srca, povećava se verovatnoća pojave infarkta, te bolesti probavnog sistema (Doyle i Glass, 2010; WHO, 2010; WHO, 2016). S obzirom da je kuhinjska so prisutna u većini prehrambenih proizvoda, neophodno je ograničiti njenu upotrebu. Agencija za standarde hrane (engl. *Food Standard Agency* - FSA), WHO, EFSA i druga regulatorna tela, preporučuju da dnevni unos natrijum hlorida ne prelazi 5-6 g, odnosno 2-2,4g natrijuma (EFSA, 2009; WHO, 2012). Stoga, je veoma važno smanjiti unos natrijuma, odnosno smanjiti sadržaj soli, kao glavni

izvor natrijuma, u prehrambenim proizvodima. Proizvedeni snek proizvodi sadrže oko 25% manji udeo soli od komercijalnih proizvoda prikazanih u tabeli 1., te su sa aspekta unosa natrijuma zdraviji za potrošača od onih komercijalno dostupnih na tržištu.

Tabela 32. prikazuje mineralni sastav izabranih proizvoda. Kao i nutritivni sastav, ni mineralni sastav ova dva proizvoda se međusobno nije mnogo razlikovao, osim po sadržaju kalijuma. Sadržaj kalijuma je kod proizvoda sa ukusom pice bio skoro duplo veći od sadržaja kalijuma u proizvodu sa ukusom sira. Ovo je posledica različitog sastava komercijalnih posipa, a pretpostavlja se da je viši nivo kalijuma detektovan u proizvodu sa ukusom pice zbog prisustva paradajza u formulaciji smeše za prehrambene proizvode. Paradajz je poznat izvor kalijuma (Weaver, 2013). Kalijum je mineral slabo zastupljen u ishrani modernog čoveka. Prema vodiču za ishranu Američkog stanovništva registrovan je kao jedan od 4 nutrijenta koji se nedovoljno unose u organizam (Dietary Guidelines Advisory Committee, 2011). U SAD je 2004. godine podignut referentni dnevni unos kalijuma na 4700 mg (Food and nutrition board, Institute od medicine, 2005), dok je kod nas još uvek na 2000 mg. Odgovarajući unos kalijuma je neophodan zbog zdravlja srca, kostiju i prevencije od infarkta. Unos kalijuma snižava intravaskularni volumen i smanjuje apsorpciju natrijuma, tj. povećava izbacivanje natrijuma preko mokraćne. Ovim mehanizmom kalijum snižava krvni pritisak u organizmu. Takođe, pomaže u održavanju pH vrednosti organizma, a odgovoran je i za prenos impulsa putem neurotransmitera i kontrakcije mišića. Zbog svega navedenog, veoma je bitno povećati unos kalijuma u ishrani modernog čoveka, posebno imajući u vidu povećani unos natrijuma preko dodate soli u različitim prerađenim proizvodima. Odnos unosa kalijuma naspram natrijuma (K/Na) se trenutnom ishranom smanjio sa 3,0 na 0,4, a uvođenjem referentnih unosa se teži uspostavljanju odnosa 1,8 (Weaver, 2013).

**Tabela 32.** Sadržaj mineralnih materija u odabranim snek proizvodima

Uzorak	M3J1_pica	M3J1_sir	Referentni dnevni unos (odrasli)*
fosfor (g/kg)	0,14	0,14	700 mg
gvožđe (mg/kg)	22,32	20,70	14 mg
kalcijum (mg/kg)	415,26	357,67	800 mg
magnezijum (mg/kg)	432,53	390,23	375 mg
cink (mg/kg)	15,04	14,05	10 mg
bakar (mg/kg)	1,31	1,31	1 mg
mangan (mg/kg)	5,43	4,98	2 mg
kalijum (mg/kg)	1518,94	833,98	2000 mg

\* Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane („Sl. glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022)

“Skrivena glad” (engl. *hidden hunger*) je popularni termin koji označava malnutriciju mikronutrijenata, pri čemu je gvožđe, nutrijent sa čijim nedostatkom se bori najveći broj ljudi na planeti (Zimmermann i Hurrell 2007). Gvožđe je veoma važan mikronutrijent jer je sastavni deo hemoglobina, molekula koji transportuje kiseonik kroz organizam. Pored toga, gvožđe učestvuje u izgradnji tireoidnih hormona i u odbrani organizma od bakterija. Oko 2 miliona ljudi svake godine se bori sa nedostatkom gvožđa (engl. *iron deficiency*) i nedostatak gvožđa predstavlja glavni uzrok anemije (Anderson i Frazer, 2017). Anemija uzrokovana nedostatkom gvožđa (engl. *iron deficiency anemia*) je jedan od pet glavnih uzroka za život sa opterećenjem invaliditeta (engl. *years lived with disability* - YLDs) u ukupnoj populaciji, a prvi kod žena (GBD, 2016). Anemija je različito rasprostranjena širom planete, a najzastupljenija je u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju Afrike i Azije (WHO, 2008). Prvi način borbe protiv nedostatka gvožđa i anemije je svakako korekcija ishrane, odnosno uvođenje raznovrsne ishrane bogate gvožđem. Kako bi se smanjila učestalost pojave anemije i uopšte nedostatka gvožđa WHO je dala smernice za ishranu: za decu do pet godina 2mg/kg mase deteta dnevno, deca od 5 do 12 godina 30 mg/kg mase deteta dnevno i 60 mg/kg mase dnevno za žene u reproduktivnom dobu (WHO, 2011). U Republici Srbiji se kao referentni dnevni unos za odrasle osobe preporučuje 14 mg gvožđa po kilogramu telesne mase (Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane („Sl. glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022)). Odabrani proizvodi se odlikuju sadržajem gvožđa od 22,32 i 20,70 mg/kg, odnosno 2,23 i 2,07 mg/100g. Kako nema podataka o sadržaju gvožđa u komercijalnim snek proizvodima dostupnim na tržištu Republike Srbije (tabela 1), nije moguće izvršiti komparativnu analizu. Međutim, Man i sar. (2022) u svom preglednom radu navode neke od namirnica obogaćenih gvožđem (engl. *iron fortified food*). Od prehrambenih proizvoda, oni izdvajaju cerealije, mlečne proizvode, pekarske proizvode, napitke, začine i snek proizvode. U ove proizvode su najčešće dodati različiti oblici gvožđa, odnosno dodata je prečišćena supstanca. Neki od navedenih proizvoda i njihov sadržaj gvožđa su: pirinač (4,23mg/100g), pšenično brašno (5,37 mg/100g), čokoladni keks (0,06 mg/100g), hleb (2 mg/100g), mleko (0,3 mg/100g), jogurt (0,4 mg/100g), sok od pomorandže (0,2 mg/100g), so (0,3 mg/100g), soja sos (8,6 mg/100g). Trenutni trend u prehrambenoj tehnologiji jeste unapređenje nutritivnih vrednosti nekog prehrambenog proizvoda dodatkom sirovine bogate nutrijentom (engl. *food-to-food fortification*). Neki od primera jesu kolači sa dodatkom slatkog bosiljka kod kojih je udeo gvožđa pre dodatka bio 0,013 mg/100 g, a nakon uvođenja 18% suvog slatkog bosiljka 15,907 mg/100g (Akbar i sar., 2020). Govender i Swiela (2020) su ispitivali mogućnost nutritivnog unapređenja belog i crnog hleba dodavanjem praha lišća biljke *Moringa oleifera*. Oni su uspeli da povećaju sadržaj gvožđa sa 6,50 mg/kg na 16,55 mg/kg kod belog hleba, a sa 16,50 mg/kg na 30,95 mg/kg kod crnog hleba. Zamena dela rafinisanog pšeničnog brašna sa prosom, uljaricama, začинима i začinskim biljem prilikom pripreme hleba i keksa, rezultovala je povećanjem udela gvožđa sa 0,08 na 4,47 mg/100g (Agrahar-Murugkar, 2020). Dhawi i sar. (2020) su ostvarili manje uspešan rezultat, unapredivši sadržaj

gvožđa u jogurtu dodatkom *Moringa oleifera* lišća i brašna sa 4,90 mg/kg na 7,20 mg/kg. Poredeći ove rezultate sa rezultatima analiziranih snek proizvoda može se zaključiti da se novokreirani snek proizvodi sa dodatkom MSM-a, PT-a i PJ-e, karakterišu srednjom vrednošću udela gvožđa. Takođe, velika prednost ovih snek proizvoda jeste animalno poreklo ovog elementa, odnosno gvožđe u hem obliku (engl. *heme iron*), koje se brže i bolje apsorbuje od ne-hem oblika (Martinez i sar., 1998). U istraživanju koje su sproveli Sari i sar. (2001), prevalencija anemije kod dece između 4-6 godina, koja su nedeljno konzumirala 10 čokoladica (3 mg gvožđa po čokoladici), je nakon tri meseca opala za 82%. Inkorporacija jetre u procentu većem od 1%, bi najverovatnije doprinela većem sadržaju gvožđa, a razvoj takvog proizvoda bi mogao da bude tema daljih istraživanja.

Kako bi se smeše začina zalepile za površinu ekstrudata, snek na snek proizvode je naneto palmino ulje. Stoga, poredeći masnokiselinski sastav izabranih proizvoda sa referentim sastavom palminog ulja (tabela 33) uzetog iz Pravilnika o kvalitetu i drugim zahtevima za jestiva biljna ulja i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode („Sl. list SCG“, br. 23/2006 i „Sl. glasnik RS“, br. 43/2013 - dr. pravilnik) možemo zaključiti da uzorci imaju masnokiselinski sastav karakterističan za palmino ulje.

**Tabela 33.** Sastav masnih kiselina izabranih snek proizvoda

Uzorak	M3J1_pica	M3J1_sir	Sastav palminog ulja*
Laurinska C12:0 (g/100g)	0,2	0,2	ND - 0,5
Miristinska C14:0 (g/100g)	0,9	1,0	0,5 - 2
Palmitinska C16:0 (g/100g)	37,5	38,6	39,3-47,5
Palmitoleinska C16:1 (g/100g)	0,2	0,2	ND -0,6
Margarinska C17:0 (g/100g)	0,1	0,1	ND - 0,2
Stearinska C18:0 (g/100g)	4,2	4,2	3,6 - 6,0
Oleinska C18:1-cis-9	43,0	42,5	36,0 - 44,0
Linolna C18:2-cis-9,12 (g/100g)	12,7	12,1	9,0 -12,0
Arahidinska C20:0 (g/100g)	0,4	0,4	ND - 1,0
Eikosenska C20:1-cis-11 (g/100g)	0,2	0,2	ND - 0,4
Alfa linoleinska C18:3-cis-9,12,15 (g/100g)	0,4	0,4	ND - 0,5
Behenijska C22:0 (g/100g)	0,1	0,1	ND -0,2
Ukupne zasicene masne kiseline (g/100g)	43,4	44,6	
Ukupne mononezasicene masne kiseline (g/100g)	43,7	43,1	
Ukupne polinezasicene masne kiseline (g/100g)	12,9	12,3	
Ukupne omega-3 masne kiseline (g/100g)	0,4	0,4	
Ukupne omega-6 masne kiseline (g/100g)	12,7	12,1	

\* iz Pravilnika o kvalitetu i drugim zahtevima za jestiva biljna ulja i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode ("Sl. list SCG", br. 23/2006 i "Sl. glasnik RS", br. 43/2013 - dr. pravilnik)

U masnokiselinskom sastavu, dominira mononezasićena oleinska kiselina (43,0% i 42,5%), a zatim je prati zasićena palmitinska kiselina. Palmino ulje se odlikuje jedinstvenim masnokiselinskim sastavom sa skoro 50-50 odnosom zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (Mba i sar., 2015). Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina u proizvodima sa ukusom pice i sira je bio 43,7% i 43,1%, redom, omega-3 masnih kiselina 0,4 kod oba uzorka, a omega-6 12,7% i 12,1%, redom. Zbog svojih karakteristika, poput visokog udela zasićenih masnih kiselina (nema potrebe za hidrogenizacijom), dobre oksidativne stabilnosti (dugačak rok trajanja), niske cene, spore kristalizacije, dobre snabdevenosti tržišta, palmino ulje se veoma često koristi u industriji hrane (Barriuso i sar., 2013; Edem, 2002). Štaviše, palmino ulje je izbor većine proizvođača snek proizvoda u zemljama Evropske Unije (Mba i sar., 2015). U period od 2021/2022 godine proizvedeno je 73,83 miliona tona palminog ulja, i to je najzastupljenije ulje na svetu (<https://www.statista.com/statistics/613471/palm-oil-production-volume-worldwide/>).

Tehnikom tečne hromatografije visoke rezolucije u izabranim uzorcima snek proizvoda identifikovano je i kvantifikovano 18 aminokiselina, od kojih su 9 esencijalne (tabela 34). Poredeći preporučeni dnevni unos aminokiselina i sadržaj aminokiselina u uzorcima, može se uočiti da 100 g izabranih snek proizvoda zadovoljava trećinu dnevnih potreba deteta od 20 kg, pri čemu je lizin ograničavajuća aminokiselina. Takođe, aminokiselinski sastav je skoro u potpunosti zadovoljio WHO (2007) standard, osim u slučaju lizina gde je zahtevano 4,5 g/100g proteina, a dobijeni proizvodi su imali 3,12 i 2,74 g/100g proteina.

Lizin je najčešće ograničavajuća (najmanje dostupna) aminokiselina u ekstrudiranim proizvodima od žitarica (Bhattacharya, 2012). Gubitak lizina tokom procesa ekstrudiranja umnogome je uslovljen temperaturom ekstrudiranja, vlagom i prisustvom šećera (Paraman i sar., 2012). Singth i sar. (2007) su utvrdili da se prilikom procesa ekstrudiranja na temperaturi od 170 °C, pri sadržaju vlage materijala od 10 do 14% i brzini obrtanja puža od 60 o/min, gubi od 32 do 80% lizina. Gubitak lizina tokom ekstrudiranja, najčešće je posledica Majlardove reakcije koja se odigrava između redukujućih grupa šećera i amino grupa aminokiselina/proteina. U slučaju lizina obe amino grupe su podložne ovoj reakciji (Lei i sar., 2007). Sa druge strane, u želji da izbegnu gubitak lizina, Paraman i sar. (2012) su koristili tehniku ekstrudiranja sa superkritičnim ugljen dioksidom. Sve esencijalne aminokiseline, uključujući lizin, su ostale na izuzetno visokom nivou (98,6%) i nisu zabeleženi gubici usled Majlardove reakcije ili oksidacije. Neke od preporuka za poboljšanu retenciju lizina jeste održavanje temperature u ekstruderu ispod 180 °C i sadržaja vlage na nivou većem od 15%, kao i smanjenje vremena zadržavanja mase u ekstruderu (Cheftel, 1986). Sve navedene preporuke su ispoštovane tokom ovog istraživanja. Pokazano je da povećanje brzine rotacije puža pospešuje zadržavanje lizina, jer se skraćuje vreme izloženosti smeše u ekstruderu visokoj temperaturi (Cuj-Laines i sar., 2018). Pored lizina, tokom ekstrudiranja na visokim temperaturama i pri niskom sadržaju vlage, zabeležen je gubitak i esencijalnih aminokiselina koje sadrže sumpor (Björck i Asp, 1983), iako u radu Chaiyakul i sar. (2009) nije uočena promena u sadržaju



metionina i cisteina. Podaci o uticaju parametara procesa ekstrudiranja na ostale aminokiseline su malobrojni.

**Tabela 34.** Aminokiselinski sastav izabranih snek proizvoda

	g/100g uzorka		zahtevan dnevni unos za odrasle osobe (mg/kg) <sup>a</sup>	zahtevan dnevni unos za decu uzrasta 3-10 godina (mg/kg) <sup>a</sup>	g/100g proteina		zahtevi odraslog čoveka (g/100g proteina) <sup>a,b</sup>
	M3J1_pica	M3J1_sir			M3J1_pica	M3J1_sir	
Asparaginska kis.	0,55	0,48			7,18	6,52	
Treonin*	0,25	0,22	15	18	3,23	2,99	2,3
Triptofan*	0,06	0,06	4	4,8	0,84	0,85	0,6
Serin	0,30	0,27			3,90	3,67	
Glutaminska kis.	1,26	1,15			16,58	15,80	
Prolin	0,55	0,54			7,19	7,34	
Glicin	0,28	0,25			3,73	3,47	
Alanin	0,49	0,46			6,51	6,27	
Valin*	0,37	0,36	26	29	4,87	4,93	3,9
Cistein	0,10	0,11	4,1		1,32	1,48	0,6
Metionin*	0,12	0,15	10,4	18 zbirno	1,58	2,05	1,6
Izoleucin*	0,29	0,30	20	23	3,86	4,09	3,0
Leucin*	0,65	0,67	39	44	8,54	9,14	5,9
Tirozin	0,24	0,35			3,18	4,75	
Fenilalanin*	0,63	0,65	25	30 zbirno	8,30	8,91	3,8 zbirno
Histidin*	0,20	0,21	10	12	2,63	2,82	1,5
Lizin*	0,24	0,20	30	35	3,12	2,74	4,5
Arginin	0,36	0,29			4,74	3,90	
Ukupne aminokis.	6,88	6,63			90,47	90,86	

\* esencijalne aminokiseline

<sup>a</sup> WHO (2007)

<sup>b</sup> Računato po standardu da je dnevno potrebno 105mg azota/kg (0,66g proteina/kg); predstavlja zahtevanu količinu pojedinačne aminokiseline podeljenu sa zahtevanim unosom proteina

Esencijalna aminokiselina triptofan je registrovana u najmanjoj količini. Razlog za to može biti činjenica da je kukuruz siromašan triptofanom (Kil i sar., 2014; Li i Vasal, 2016; Petersen i sar., 2014), dok ga u pivskom tropu najčešće nema ili u veoma malim količinama (Mussatto i sar., 2006; Pejin i sar., 2013). Triptofan je aminokiselina koja se može naći u proteinima životinjskog porekla, pri čemu je njegovo prisustvo registrovano samo u miozinu, aktinu i mioglobinu, tj. visokovrednim proteinima, dok ga u kolagenu, elastinu i tropomiozinu nema (Rede i Popović, 1997). Prethodna istraživanja pokazuju da se

triptofan često ne detektuje u uzorcima MSM-a (MacNeil i sar., 1978; Negro i sar., 2005). Pileća jetra, prema podacima USDA agencije sadrži 0,176g triptofana na 100g uzorka. Svakako, potreba za ovom esencijalnom aminokiselinom je najmanja, svega 4 mg/kg/dan kod odraslih i 4,8 mg/kg/dan kod dece uzrasta od 3 do 10 godina, te iako detektovana u maloj količini, nije ograničavajuća aminokiselina.

### 5.3.5 Antioksidativna aktivnost

Antioksidanti imaju veliku ulogu u odbrani organizma od slobodnih radikala. Prehrambeni proizvodi koji poseduju antioksidante, odnosno poseduju antioksidativna svojstva mogu da doprinesu zaštiti organizma od nekih vrsta kancera, neuroloških i kardioloških oboljenja koja su posledica oksidativnog stresa organizma (Shahidi, 2000). Antioksidativna aktivnost na DPPH<sup>•</sup> radikale izabranih snek proizvoda prikazana je u tabeli 35. Između uzoraka nema velikih razlika u pogledu antioksidativne aktivnosti. Uzorci se međusobno razlikuju samo po smeši za prehrambene proizvode nanete po površini proizvoda, te je razlika u antioksidativnoj aktivnosti bila moguća jedino kao posledica različitih začina u sastavu posipa. Uzorci M3J1\_pica i M3J1\_sir, su se odlikovali antioksidativnom aktivnošću od 34,25% i 34,19%, redom. Ove vrednosti su znatno veće od vrednosti publikovanih u radu Bhat i sar. (2019) čiji su uzorci ekstrudiranih snek proizvoda od celog zrna pšenice sa dodatkom likopena ili osušenog paradajza ili ekstrakta šafrana imali antioksidativnu aktivnost na DPPH<sup>•</sup> radikale od 13,9 do 17,6%. Ekstrudati na bazi mešavine kukuruznog i pirinčanog brašna sa dodatkom ovsenog brašna, osušenim graškom i korijanderom, koje su razvili Wani i Kumar (2019) su se odlikovali antioksidativnom aktivnošću na DPPH<sup>•</sup> od 8,1 do 20,9%. U poređenju sa navedenim literaturnim podacima, funkcionalni snek proizvodi kreirani tokom ovog istraživanja su se odlikovali većom antioksidativnom aktivnošću.

**Tabela 35.** Antioksidativna aktivnost izabranih snek proizvoda

	M3J1_pica	M3J1_sir
DPPH <sup>•</sup> (%)	34,25%	34,19%

### 5.3.6 Potrošački test

U cilju ocene dopadljivosti inovativnih snek proizvoda od strane potrošača i njihove spremnosti da kupe proizvod, sprovedena je anketa u okviru koje su potrošači ocenili dva nutritivno poboljšana snek proizvoda prethodno izabrana na osnovu ocena dopadljivosti datih od strane panelista i dva komercijalno dostupna snek proizvoda slične ukusnosti. U ispitivanju je učestvovalo 64 ispitanika.

## 5.3.6.1 Analiza rezultata anketiranja potrošača

Prvi deo ankete je obuhvatao socio-demografska pitanja, jer je dopadljivost nekog proizvoda u velikoj meri uslovljena uticajima faktora kao što su: pol ispitanika, starost, ekonomski status, obrazovanje, način života/postojeće prehrambene navike (Costell i sar., 2010). Endrizzi i sar. (2015) su zaključili da je izbor proizvoda kompleksan proces na koji utiču spoljašnje informacije o proizvodu (cena, dizajn pakovanja i deklaracija), kao i socijalni aspekt, senzorske preferencije i stavovi potrošača.

Socio-demografski status ispitanika je prikazan u tabeli 36.

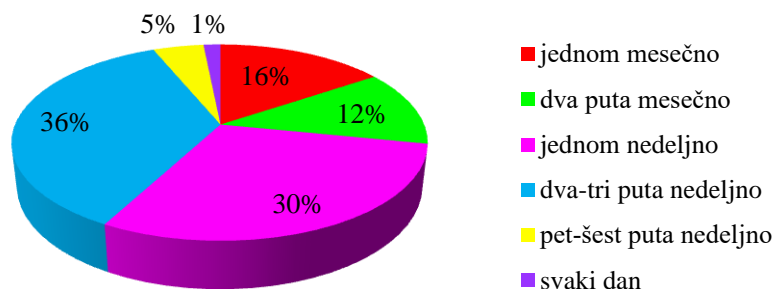
**Tabela 36.** Sociodemografski podaci ispitanika

Socio-demografski podatak	Kategorija	Učestalost (%)
Pol	muški	35,9
	ženski	64,1
Starosna grupa	18–24	28,1
	25–34	32,8
	35–44	20,3
	45–54	17,2
	55–64	1,6
Obrazovanje	osnovno	1,6
	srednje	20,3
	viša škola	1,6
	fakultet/master	59,4
	doktor nauka	17,2
Radni status	student	31,3
	radni odnos sa punim radnim vremenom	67,1
Broj dece u domaćinstvu	nezaposlen	1,6
	bez dece	54,7
	jedno dete	12,5
Mesečna primanja	dva deteta	32,8
	< 20000 RSD	23,4
	21000-39000 RSD	7,8
	40000-69000 RSD	18,8
	> 70000 RSD	50,0

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 36. može se zaključiti da je većina ispitanika bila ženskog pola (preko 60%). Najbrojnija starosna grupa je bila od 25 do 34 godine, dok ispitanika starijih od 64 godine nije bilo. 50% ispitanika je imalo preko 70000 RSD mesečnih primanja, što je očekivano s obzirom da je

preko 75% ispitanika posedovalo visoko obrazovanje i da su bili u radnom odnosu. Većina ispitanika je poticala iz domaćinstva bez dece, a nije bilo ispitanika sa više od dvoje dece.

Na grafiku 22. prikazana je učestalost konzumiranja slanih snek proizvoda, tzv. grickalica među ispitanim potrošačima.



**Grafik 22.** Učestalost konzumiranja slanih snek proizvoda, tzv. grickalica među ispitanim potrošačima

U nastavku ankete ocenjene su navike u ishrani i pri kupovini proizvoda, ispitanih potrošača, pomoću Likertove skale stavova od 1 do 5 (na kojoj vrednost 1 odgovara tvrdnji sa kojom ispitanik nikako nije saglasan, dok vrednost 5 odgovara izjavi sa kojom se anketirani potrošač potpuno slaže). Što se tiče čitanja deklaracije pri kupovini proizvoda, svaki od ponuđenih stavova je imao skoro isti broj odgovora. Oko 17% ispitanika je izjavilo da izbegava hranu koja sadrži aditive. Skoro 50% ispitanika pokušava da se hrani zdravo, pri čemu se oko 17% u potpunosti složilo sa tom tvrdnjom. Najveći broj ispitanika je izabrao vrednost 3 - niti se slaže, niti se ne slaže (oko 30%), pri izjavi „trudim se da povećam unos prehrambenih vlakana“. 45% ispitanika je izjavilo da se ne trudi da smanji unos masti, dok se samo 22% ispitanih potrošača trudi da izbegava prerađenu hranu. Ovakve navike ispitanih potrošača mogu biti objašnjene starosnim dobom potrošača, koji su većinski imali manje od 45 godina, te većina ispitanika još uvek nema zdravstvenih problema koji iziskuju određene dijete. Gotovo 77% ispitanika je izjavilo da im je bitna tekstura hrane prilikom izbora namirnice, a preko 50% voli da jede začinjenu hranu i „grickalice“. Čak 40% ispitanika je izjavilo da se u „potpunosti slaže“ (ocena 5) sa izjavom da voli da jede hrskave proizvode. 65% ispitanika je izjavilo da voli da konzumira „smoki“, a njih 59% da vole da jedu čips. Preko polovine ispitanika voli da proba nove „grickalice“ kada se pojave na tržištu. Veći broj ispitanika jede grickalice kod kuće, a ne van kuće, a polovina njih radi to dok gleda tv program.

Na osnovu dobijenih odgovora iz prvog dela ankete, može se zaključiti da su ispitanici ove ankete uglavnom bili mlade, obrazovane ženske osobe, u random odnosu, koje vode računa o ishrani, ali još uvek

ne moraju da se pridržavaju strogih dijeta ili da se odriču masne i začinjene hrane i koje rado konzumiraju “grickalice”.

### 5.3.6.2 Test dopadljivosti

Ukupna dopadljivost, zajedno sa dopadljivošću izgleda, ukusa, teksture, tvrdoće, hrskavosti, i adhezivnosti izabranih kreiranih proizvoda i sličnih komercijalnih proizvoda ocenjeni su primenom hedonske skale sa 9 stepeni/kategorija (1- izuzetno mi se ne sviđa, 5 - niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa, 9 - izuzetno mi se sviđa). U tabeli 37. prikazani su rezultati ocene dopadljivosti proizvoda od strane potrošača.

**Tabela 37.** Rezultati ocene dopadljivosti proizvoda od strane potrošača

Svojstvo	M3J1_pica	M3J1_sir	Čarobnjaci pica*	Čarobnjaci sir*
Ukupna dopadljivost	6,09 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>
Izgled	5,78 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	6,90 <sup>b</sup>	6,77 <sup>b</sup>
Ukus	6,08 <sup>a</sup>	5,67 <sup>a</sup>	6,48 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>
Tekstura	6,52 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>	6,91 <sup>a</sup>	6,83 <sup>a</sup>
Tvrdoće	6,80 <sup>a</sup>	6,72 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>	6,81 <sup>a</sup>
Hrskavost	7,30 <sup>a</sup>	7,09 <sup>a</sup>	7,02 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>
Adhezivnost	6,91 <sup>a</sup>	6,78 <sup>a</sup>	6,11 <sup>a,b</sup>	5,67 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>Vrednosti u istom redu označene različitim slovima statistički se značajno ( $p < 0,05$ ) razlikuju. Statistička analiza je urađena pomoću HSD Tukey testa.

\* Komercijalni proizvodi.

Prilikom tumačenja rezultata ocene dopadljivosti snek proizvoda usvojen je sledeći obrazac: uzorak ili ocenjeno senzorsko svojstvo uzorka su prihvatljivi potrošačima ukoliko je srednja ocena viša od 5 (niti mi se sviđa, niti mi se ne sviđa), pri čemu su se ocene bliže 5 interpretirale kao da se uzorak sviđa u manjoj meri, dok oni proizvodi/svojstva koji su imali ocene bliže 9 su se smatrali u većoj meri dopadljivi (Škrobot, 2016). Posmatrajući ocene, može se uvideti da nije bilo statistički značajne razlike ( $p > 0,05$ ) između ocenjenih uzoraka u pogledu ukupne dopadljivosti, dopadljivosti ukusa, teksture, tvrdoće i hrskavosti. Kontrolni komercijalni uzorci su ocenjeni statistički značajno višim ocenama u pogledu dopadljivosti izgleda od nutritivno poboljšanih snek proizvoda. Razlog ovome mogu biti kreativniji oblici proizvoda (Čarobnjaci sir - oblik koluta, Čarobnjaci pica - oblik cveta), kao i svetlija boja proizvoda. Komercijalni proizvodi su se odlikovali jarko žutom bojom koja je karakteristična za flips i čips proizvode na tržištu Republike Srbije, dok su nutritivno poboljšani snek proizvodi bili svetlosmeđe boje. Više ocene dopadljivosti adhezivnosti (pojava lepljenja proizvoda za zube) su dobili snek proizvodi kreirani tokom ove doktorske disertacije. Iako ne postoji statistički značajna razlika između ocena

dopadljivosti nutritivno unapređenih snek proizvoda, snek proizvod sa ukusom pice je ocenjen višim ocenama u pogledu svih karakteristika.

Ocene dopadljivosti potrošača kod svih uzoraka su bile iznad 5, ali za većinu karakteristika ispod 7 (osim za dopadljivost hrskavosti, gde su novokreirani uzorci pokazali veću hrskavost naspram komercijalnih - kontrola). Stoga se može zaključiti da su ispitani proizvodi potrošačima dopadljivi, ali u manjoj meri. Međutim, treba imati na umu da se ocene dopadljivosti kontrolnih komercijalnih uzoraka, koji su dostupni već dugi niz godina na tržištu Republike Srbije, skoro uopšte ne razlikuju od nutritivno poboljšanih snek proizvoda kreiranih tokom ovog istraživanja, što sugeriše da na tržištu snek proizvoda postoji mesto i za ovakvu vrstu snek proizvoda.

Proizvodi su od strane potrošača rangirani sledećim redosledom: Čarobnjaci pica, funkcionalan snek proizvod sa ukusom pice, Čarobnjaci sir, funkcionalan snek proizvod sa ukusom sira.

Ispitanicima su se više sviđali proizvodi sa ukusom pice, u poređenju sa onim sa ukusom sira. Aroma sira koja se dodaje snek proizvodima je veoma specifična te može biti odbojna za određen broj konzumenata.

#### *5.3.6.3 Preporuke za unapređenje proizvoda i ispitivanje namere kupovine proizvoda*

Nakon rangiranja proizvoda ispitanici su dali svoje predloge za unapređenje ispitanih funkcionalnih snek proizvoda.

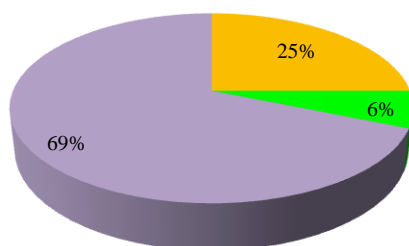
Najveći broj predloga kod proizvoda M3J1\_pica odnosio se na unapređenje ukusa, pri čemu je većina ispitanika izjavila da je ukus nedovoljno intenzivan i da treba dodati još začina. Neki ispitanici, su se međutim, požalili na previše intenzivnu aromu. Ovakvi stavovi ispitanika, mogu biti posledica neadekvatnog nanošenja posipa na uzorke, odnosno nehomogene raspoređenosti smeše za prehrambene proizvode. Posipi su se nanosili ručno koristeći rotacioni bubanj uređaj koji nije primarno namenjen za tu svrhu (tambler za masažu mesa). Ovaj korak proizvodnje svakako bi bio unapređen prelaskom na industrijsku proizvodnju sa odgovarajućom opremom.

Za uzorak sa ukusom sira, M3J1\_sir, najveći broj primedbi je bio nedovoljno intenzivan ukus, koji se skoro i ne oseća ili se oseća na početku mastifikacije da bi se zatim veoma brzo izgubio. Takođe, kod ovog proizvoda veliki broj predloga za unapređenje proizvoda odnosio se i na unapređenje teksture, pre svega na smanjenje tvrdoće proizvoda. Kako je ranije prikazano, oba ispitana proizvoda se odlikuju istim fizičkim i teksturalnim karakteristikama, ali je pretpostavka da su u slučaju proizvoda sa ukusom sira, zbog odsustva intenzivne arome, potrošači više obratili pažnje na teksturu snek proizvoda.

Ispitanici su za oba proizvoda predložili promenu boje ka intenzivnijoj i sličnijoj komercijalnim snek proizvodima, kao i unapređenje/promenu oblika snek proizvoda, što objašnjava niže rezultate dopadljivosti ovih karakteristika u odnosu na komercijalne flaps proizvode.

U krajnjem delu ankete, ispitanici su izrazili svoj izbor pri kupovini slanih snek proizvoda, odnosno iskazali preferenciju ka novokreiranim funkcionalnim snek proizvodima ili pak ka komercijalnim flips proizvodima. Odgovorili su na dva pitanja: “Da li biste radije kupili neki od ovih proizvoda sa šiframa 305 i/ili 101 ili trenutno popularne komercijalne flips proizvode?” i “Da li biste radije kupili neki od ovih proizvoda sa šiframa 305 i/ili 101 ili trenutno popularne komercijalne flips proizvode, ukoliko znate da proizvodi sa šiframa 305 i/ili 101 sadrže oko 7% dijetetskih vlakana, oko 12% masti i oko 8% proteina, dok trenutno popularni komercijalni flips proizvodi sadrže oko 0-3% dijetetskih vlakana, oko 26-30% masti i 5-12% proteina? Takođe proizvodi sa šiframa 305 i/ili 101 ne sadrže aditive, kao ni soju.”. Rezultati ankete su prikazani na grafiku 23. Treba napomenuti da su uzorci sa šiframa 305 i 101 nutritivno unapređeni snek proizvodi kreirani tokom ovog eksperimenta sa ukusom pice i sira, redom.

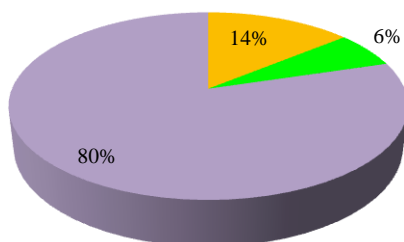
Da li biste radije kupili neki od ovih proizvoda sa šiframa 305 i/ili 101 ili trenutno popularne komercijalne flips proizvode?



A

■ komercijalne flips proizvode ■ nijedne ■ nutritivno poboljšane snek proizvode

Da li biste radije kupili neki od ovih proizvoda sa šiframa 305 i/ili 101 ili trenutno popularne komercijalne flips proizvode, ukoliko vam je poznat nutritivni sastav?



B

■ komercijalne flips proizvode ■ nijedne ■ nutritivno poboljšane snek proizvode

**Grafik 23.** Stav potrošača prema kupovini ispitanih proizvoda

Sa grafika 23. vidi se da se 69% potrošača opredelilo za kupovinu funkcionalnih snek proizvoda, dok je taj procenat porastao na 80% pri informisanju potrošača o nutritivnim sastavima snek proizvoda. Neki od potrošača ostali su pri prvom izboru kupovine komercijalnih snek proizvoda, uglavnom uz objašnjenje da

“grickalice” ne konzumiraju previše često, a kad ih konzumiraju žele da jedu ono što im se više sviđa neobraćajući pažnju na nutritivne karakteristike proizvoda.

Prateći sugestije potrošača buduća istraživanja biće usmerena ka unapređenju ukusa proizvoda, kao i ka unapređenju boje i oblika proizvoda.



## 6. Zaključak

Kao rezultat istraživanja u okviru ove doktorske disertacije razvijen je inovativni flips proizvod na bazi kukuruzne krupice sa dodatkom pivskog tropa (PT), mehanički separisanog mesa (MSM) i pileće jetre (PJ), unapređenog nutritivnog kvaliteta i poželjnih senzorskih karakteristika. Dodata vrednost proizvoda ogleda se u činjenici da u njegov sastav ulazi sporedni proizvod prehrambene industrije bogat proteinima i vlaknima, kao i sirovine animalnog porekla, čijim dodatkom je obezbeđena zastupljenost svih esencijalnih aminokiselina u finalnom proizvodu. Ovaj proizvod može imati tržišni potencijal i doprineti raznolikosti ponude u oblasti funkcionalne hrane u Srbiji.

*Na osnovu rezultata preliminarnog istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:*

- Razvijeni su ekstrudirani snek proizvodi na bazi kukuruzne krupice, sa dodatkom mehanički separisanog mesa (0/10/20/30%) i pivskog tropa (0/20%) pri konstantnim parametrima procesa ekstrudiranja i sadržaju vlage od 25%. Dodatak MSM-a i PT-a rezultirao je snek proizvodima sa povećanim sadržajem proteina i smanjenim sadržajem masti u poređenju sa komercijalnim snek proizvodima.
- Dodatak PT-a je pozitivno uticao na fizičke i teksturalne karakteristike proizvoda, smanjujući tvrdoću, čvrstoću i nasipnu masu ekstrudata. Međutim, i pored toga su zabeležene relativno visoke vrednosti tvrdoće i čvrstoće, nekarakteristične za flips proizvode. Stoga, je bilo potrebno da se dalja istraživanja usmere na razvoj snek proizvoda sa većom ekspanzijom i nižim vrednostima tvrdoće i čvrstoće

*Na osnovu rezultata prvog dela osnovnog istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:*

- Tokom procesa ekstrudiranja praćeni su sledeći parametri: temperatura u zonama 3 i 6 ekstrudera (T3 i T6), temperatura na matrici (Tm), obrtni moment (OM) i specifična mehanička energija (SME).
  - Nisu registrovane značajne razlike u temperaturama u istoj zoni ekstrudera (zona 3 od 93,3 °C do 93,6 °C; zona 6 od 113,4 °C do 114,5 °C; matrica od 154 °C do 166 °C) među različitim šaržama proizvodnje.
  - Vrednosti obrtnog momenta i specifične mehaničke energije su se kretale u rasponu 55-70,4 Nm i 61,8-101,1 Wh/kg, redom. Veće vrednosti OM, kao i SME su zabeležene pri povećanju brzine obrtanja puža (BOP), a smanjene pri povećanju udela PT-a u smešama. Udeo MSM-a nije imao uticaj na OM i SME.
- Krive promene viskoznosti napojnih smeša u toku vremena sa temperaturom su imale trend klasične promene viskoznosti skroba usled želatinizacije. Inicijalne viskoznosti smeša (IV) se međusobno nisu statistički značajno razlikovale. Sa druge strane, pokazano je da je sa dodatkom MSM-a i PT-a značajno opadao maksimalni viskozitet (MaxV), dok ostale merene viskoznosti (MinV, R, FV, Ret) statistički značajno opadale samo sa dodatkom PT-a.
- Krive pastiranja ekstrudiranih snek proizvoda su se odlikovale visokim vrednostima IV, kao i odsustvom pika (MaxV). Štaviše, viskoznost je opadala pri zagrevanju smeše, a statistički značajno niže vrednosti IV, MinV i FV zabeležene su kod ekstrudata proizvedenih pri višoj BOP (900 o/min), što može biti posledica destrukcije. Sa druge strane, povećanje udela PT-a je izazvao porast IV i MinV, suprotno neekstrudiranim smešama.
- Sadržaj proteina u eksperimentalnim uzorcima se kretao u opsegu od 8,42% do 12,35%, sadržaj masti od 0,28% do 1,79%, a sadržaj pepela od 2,71% do 3,51%. Sa dodatkom MSM-a i PT-a rastao je i udeo proteina, masti i pepela. Sadržaj vlakana se kretao u opsegu od 6,82 do 17,01%, a vrednost udela ovih ugljenih hidrata se povećavala sa dodatkom PT-a i smanjenjem MSM-a. BOP nije pokazala statistički značajan uticaj na nutritivne karakteristike snek proizvoda.
- Poredeći hemijski sastav početnih smeša i dobijenih ekstrudata/snek proizvoda uočen je porast sadržaja proteina, vlakana, pepela, ugljenih hidrata i skroba, na račun smanjenja sadržaja vlage. Sa druge strane ekstrudati su se odlikovali nižim sadržajem masti od ulaznih smeša.
- Lateralna ekspanzija (LE) ekstrudata se kretala u opsegu od 104,50 do 223,00%, dužina ekstrudata je varirala od 9,99 do 16,27 mm, dok je najniža vrednost nasipne mase (NM) iznosila 80,77 g/l, a najviša 225,57 g/l. Udeo MSM-a nije imao statistički značajan uticaj na LE, kao ni na dužinu ekstrudata, dok se NM statistički značajno povećavala sa povećanjem udela ove sirovine. Povećanje udela PT-a statistički je značajno smanjilo LE ekstrudata, i povećalo NM. Porast BOP-a je imao pozitivan statistički značajan uticaj na LE i dužinu, a negativan na NM snek proizvoda.

- Vrednosti tvrdoće i čvrstoće su se kretale u opsezima od 5,82 do 10,76 kg i od 38,28 do 78,24 N, redom. Udeo MSM-a nije imao značajan uticaj na ova dva parametra teksture. Sa porastom udela PT-a u smeši, statistički značajno su rasle i čvrstoća i tvrdoća ekstrudata, dok je BOP imao statistički značajan negativan uticaj na ove dve teksturalne karakteristike.
- Hrskavost ispitanih uzoraka kretala se u opsegu od 64,25 do 135,10 br. pikova. Analiza varijanse ukazuje da su pored slobodnog člana svi linearni koeficijenti bili statistički značajni, kao i koeficijent interakcije PT-a i BOP-a i kvadratni koeficijent sadržaja PT-a, a najznačajniji (negativan) uticaj je imao linearni koeficijent sadržaja PT-a. Hrskavost je imala suprotan trend od tvrdoće i čvrstoće.
- Slike dobijene skenirajućom elektronskom mikroskopijom su potvrdile rezultate osnovnih fizičkih i teksturnih karakteristika. Poredeći slike preseka uzoraka, različitih udela MSM-a, nije se mogla uočiti jasna razlika u strukturi proizvoda. Sa druge strane, sa slika se moglo jasno ustanoviti da se uzorci sa većim udelom PT-a odlikuju manjim porama, odnosno kompaktnijom strukturom. Uzorci dobijeni pri višim BOP se odlikuju većim vazdušnim ćelijama.
- Dobijeni snek proizvodi su se odlikovali braon nijansom boje. Svetloća uzoraka ( $L^*$ ) kretala se u opsegu od 59,68 do 70,84, statistički značajan negativan uticaj na  $L^*$  vrednost proizvedenih snek proizvoda je imao udeo PT-a. Vrednosti udela crvene boje ( $a^*$ ) ekstrudiranih snek proizvoda su se kretale u opsegu 1,63 – 5,41, dok je raspon vrednosti udela žute boje ( $b^*$ ) iznosio 23,91 – 29,73. Sa porastom udela MSM-a i PT-a, statistički značajno je rasla  $a^*$  vrednost, dok je  $b^*$  vrednost opadala. Brzina obrtanja puža nije imala značajan uticaj ni na jedan parametar boje ekstrudata.
- Svi modeli predstavljeni polinomom drugog stepena koji su opisivali sledeće izlazne parametre: SME, sadržaj proteina, sadržaj vlakana, osnovne fizičke karakteristike, karakteristike teksture, i parametre boje, su bili statistički značajni ( $p < 0,05$ ), sa visokim vrednostima koeficijenta determinacije, *lack of fit* parametarom koji nije bio statistički značajan i niskim koeficijentom varijacije. Postupkom RSM mogu se na adekvatan način opisati uticaji ulaznih parametara na navedene izlaze i razvijeni modeli se mogu uspešno koristiti za predviđanje izlaznih parametara u okviru posmatranog opsega procesnih parametara.
- Za optimizaciju procesa proizvodnje snek proizvoda zasnovanu na konceptu funkcije poželjnosti odabrani su sledeći odzivi: dužina, lateralna ekspanzija, nasipna masa, tvrdoća, čvrstoća, i hrskavost snek proizvoda, kao i sadržaj proteina i sadržaj vlakana, pri čemu se težilo dobijanju nutritivno unapređenog snek proizvoda bogatog proteinima i vlaknima, koji ima visok stepen ekspanzije, malu tvrdoću i čvrstoću, a veliku hrskavost. Optimalne vrednosti ulaznih parametara sa najvećom funkcijom poželjnosti (0,661) su bile 4% MSM, 14,8% PT i 900 o/min.

- Verifikacija optimizacije je pokazala dobro slaganje predviđenih i stvarnih vrednosti izlaznih promenljivih. Drugim rečima, predviđene optimalne karakteristike su verifikovane, a modeli su još jednom pokazali adekvatnost i značajnost.

*Na osnovu rezultata drugog dela osnovnog istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:*

- Proizveden je optimalni uzorak u kome je jedan deo MSM-a (0%, 25%, 50%) zamenjen PJ-om, a sadržaj vlage smanjen na 15,5%. Uočen je porast SME vrednosti kao i temperature na matrici ekstrudera, u odnosu na ekstrudiranje optimalnog uzorka iz prvog dela istraživanja, kao posledica promene sadržaja vlage.
- Nakon ekstrudiranja, na površinu snek proizvoda nanete su smeše začina za prehrambene proizvode sa aromom pice, sira i pesta, čemu je prethodio dodatak palmine masti kako bi se smeše začina za prehrambene proizvode zalepile za suhu površinu proizvoda.
- Svi ispitani kriterijumi mikrobiološke ispravnosti (kriterijumi propisani za mehanički separisano meso i za snek proizvode) dobijenih snek proizvoda su zadovoljili granice propisane Vodičem za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu, te se moglo zaključiti da su inovativni snek proizvodi bezbedni za konzumiranje.
- Statistička obrada rezultata senzorske analize snek proizvoda je pokazala da nema značajnih razlika u fizičkim osobinama i karakteristikama teksture između uzoraka, što potvrđuje da zamena dela MSM-a sa PJ-om nije imala uticaj na ove karakteristike ekstrudata.
- Intenzitet mirisa i ukusnosti na picu/sir/pesto ocenjen je najvišim ocenama kod onih uzoraka na koje su nanete odgovarajuće smeše za prehrambene proizvode. Strani miris nije detektovan ni u jednom uzorku. Uzorci bez dodatog posipa su imali statistički značajno niže ocene ukupnog mirisa i ukusnosti, kao i intenziteta kiselog i umami ukusa. Intenzitet gorkog ukusa, čiji uzročnici mogu biti pivski trop i pileća jetra, je ocenjen kao nizak u svim uzorcima.
- Za tumačenje rezultata dobijenih PCA analizom uzete su prve tri komponente koje zbirno opisuju 78,83% varijabilnosti podataka. Prvu komponentu definišu sledeće senzorske karakteristike: ukupan miris, miris na picu/kečap, pravilnost oblika, ujednačenost boje, veličina pora, slanost, kiselost, umami, ukupna ukusnost, ukusnost pice, ukusnost gvožđa, hrskavost i adhezivnost. Druga komponenta je bila u pozitivnoj korelaciji sa slatkoćom, a u negativnoj sa mirisom na pesto/bosiljak, stranim mirisom, izgledom pora na preseku, gorkim ukusom i intenzitetom ukusnosti na pesto/bosiljak. Miris na sir, ukusnost na sir, ukusnost na seno, tvrdoća, oštrina i apsorpcija vlage definišu komponentu F3.
- Multivarijantna analiza je dala jasnu diferencijaciju uzoraka u odnosu na ispitana senzorska svojstva, pri čemu su uzorci sa dodatkom posipa „pica” i „pesto“ po pojedinim karakteristikama međusobno bili sličniji u poređenju sa uzorcima bez posipa i sa dodatkom posipa „sir”. Takođe,

karakteristike teksture su bile u pozitivnoj korelaciji sa uzorcima bez posipa, jer su usled odsustva arome došle u prvi plan.

- Uzorci istog ukusa, a koji su se međusobno razlikovali po udelu pileće jetre su bili u međusobno pozitivnoj korelaciji, odnosno bili su grupisani na jednom mestu na dijagramu, pokazujući da dodatak jetre nije imao uticaj na ispitane senzorske karakteristike proizvedenih snek proizvoda.
- Senzorski panel je uzorke 3% MSM 14,8% PT 1% PJ - pica i 3% MSM 14,8% PT 1% PJ - sir ocenio sa najvišim ocenama dopadljivosti.
- Nutritivne karakteristike dva izabrana proizvoda su bile slične. Sadržaj masti je zbog dodatka palminog ulja porastao, ali je i dalje bio duplo niži od sadržaja masti kod komercijalno dostupnih snek proizvoda istog tipa. Sadržaj vlakana u ispitanim snek proizvodima iznosio je oko 7%, te se proizvodi mogu okarakterisati kao „proizvod bogat vlaknima“. Sadržaj proteina u ispitanim snek proizvodima je bio oko 7,5%, a sadržaj soli je iznosio 1,48% i 1,75% (pica i sir, redom). Izabrani snek proizvodi su sadržali oko 25% manji udeo soli od komercijalnih proizvoda.
- Sadržaj kalijuma je kod proizvoda sa ukusom pice bio gotovo duplo veći od sadržaja ovog minerala u proizvodu sa ukusom sira, što je verovatno bila posledica prisustva paradajza u posipu sa ukusom pice. Odabrani proizvodi sa ukusom pice i sira su se odlikovali sadržajem gvožđa od 22,32 i 20,70 mg/kg, redom.
- Masnokiselinski sastav uzoraka je bio karakterističan za palmino ulje, sa skoro 50-50 odnosom zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. U masnokiselinskom sastavu, dominirala je mononezasićena oleinska kiselina, a zatim je pratila zasićena palmitinska kiselina.
- Kvantifikovano je 18 aminokiselina, od kojih su 9 esencijalne. 100 g kreiranih nutritivno unapređenih snek proizvoda može da zadovolji trećinu dnevnih potreba deteta od 20 kg, za proteinima, pri čemu je lizin ograničavajuća aminokiselina.
- Uzorci M3J1\_pica i M3J1\_sir, su se odlikovali antioksidativnom aktivnošću od 34,25% i 34,19%, redom. U poređenju sa navedenim literaturnim podacima, funkcionalni snek proizvodi kreirani tokom ovog istraživanja su se odlikovali većom antioksidativnom aktivnošću.
- U potrošačkom testu, u kome su pored dva novokreirana snek proizvoda ocenjena i dva slična proizvoda dostupna na tržištu Republike Srbije, ispitanici su uglavnom bile mlađe obrazovane žene, koje vode računa o ishrani, ali još uvek ne moraju da se pridržavaju određenih dijeta i koje rado konzumiraju “grickalice”.
- Rezultati potrošačkog testa su pokazali da nije bilo statistički značajne razlike između ocenjenih uzoraka u pogledu ukupne dopadljivosti, dopadljivosti ukusa, teksture, tvrdoće i hrskavosti. Kontrolni komercijalni uzorci su ocenjeni statistički značajno višim ocenama u pogledu dopadljivosti izgleda, zbog kreativnijih oblika i svetlije boje. Više ocene dopadljivosti

adhezivnosti (pojava lepljenja proizvoda za zube) su dobili snek proizvodi kreirani tokom ovog istraživanja.

- Proizvodi su od strane potrošača rangirani sledećim redosledom: Čarobnjaci pice, funkcionalan snek proizvod sa ukusom pice, Čarobnjaci sir, funkcionalan snek proizvod sa ukusom sira. Ispitanicima su se više svideli proizvodi sa ukusom pice, u poređenju sa proizvodima sa ukusom sira.
- Najveći broj predloga za unapređenje proizvoda, od strane potrošača, odnosio se na intenziviranje ukusa. Takođe, ispitanici su za oba inovativna snek proizvoda predložili promenu boje ka intenzivnijoj i sličnijoj komercijalnim snek proizvodima, kao i unapređenje/promenu oblika snek proizvoda.
- Na pitanje da li bi radije kupili ponuđene komercijalne ili nutritivno unapređene snek proizvode, 69% potrošača opredelilo se za kupovinu funkcionalnih snek proizvoda, dok je taj procenat porastao na 80%, nakon informisanja potrošača o nutritivnim karakteristikama komercijalnih i novokreiranih snek proizvoda.

## 7. Spisak literature

1. Ačkar, Đ., Jozinović, A., Babić, J., Miličević, B., Balentić, J. P., & Šubarić, D. (2018). Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products. *Innovative food science & emerging technologies*, 47, 517-524.
2. Agrahar-Murugkar, D. (2020). Food to food fortification of breads and biscuits with herbs, spices, millets and oilseeds on bio-accessibility of calcium, iron and zinc and impact of proteins, fat and phenolics. *LWT*, 130, 109703.
3. Ainsworth, P., İbanoğlu, Ş., Plunkett, A., İbanoğlu, E., & Stojceska, V. (2007). Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. *Journal of Food Engineering*, 81(4), 702-709.
4. Akbar, F. N., Mahmood, S., Mueen-ud-din, G., Yamin, M., Nadeem, M., Bader Ul Ain, H., & Tufail, T. (2020). Fortification of cookies with sweet basil leaves powder: an unheeded hematinic. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 16(4), 366-382.
5. Alam, M. R., Scampicchio, M., Angeli, S., & Ferrentino, G. (2019). Effect of hot melt extrusion on physical and functional properties of insect based extruded products. *Journal of Food Engineering*, 259, 44-51.
6. Alam, M. S., Kaur, J., Khaira, H., & Gupta, K. (2016). Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(3), 445-473.
7. Al-Attar, H., Ahmed, J., & Thomas, L. (2022). Rheological, pasting and textural properties of corn flour as influenced by the addition of rice and lentil flour. *LWT*, 160, 113231.
8. Alavi, S. H., Gogoi, B. K., Khan, M., Bowman, B. J., & Rizvi, S. S. H. (1999). Structural properties of protein-stabilized starch-based supercritical fluid extrudates. *Food Research International*, 32(2), 107-118.

9. Alonso, R., Grant, G., Dewey, P., & Marzo, F. (2000). Nutritional assessment in vitro and in vivo of raw and extruded peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(6), 2286-2290.
10. Altan, A., McCarthy, K. L., & Maskan, M. (2008). Twin-screw extrusion of barley–grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *Journal of Food Engineering*, 89(1), 24-32.
11. Alvarez-Martinez, L., Kondury, K. P., & Harper, J. M. (1988). A general model for expansion of extruded products. *Journal of Food Science*, 53(2), 609-615.
12. Anderson, G. J., and D. M. Frazer. (2017). Current understanding of iron homeostasis. *The American Journal of Clinical Nutrition* 106 (6):1559S–66S.
13. Anton, A. A., Fulcher, R. G., & Arntfield, S. D. (2009). Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. *Food chemistry*, 113(4), 989-996.
14. Anton, A. A., Ross, K. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G., & Arntfield, S. D. (2008). Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chemistry*, 109(1), 33-41.
15. AOAC 945.16 - Određivanje sadržaja masti ekstrakcijom (po Soxhlet -u) (gravimetrijski), Association of Official Analytical Chemists.
16. AOAC 985.29: Sadržaj ukupnih vlakana – enzimsko-gravimetrijska metoda, Association of Official Analytical Chemists.
17. Azzollini, D., Derossi, A., Fogliano, V., Lakemond, C. M. M., & Severini, C. (2018). Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. *Innovative food science & emerging technologies*, 45, 344-353.
18. Babji, A. S., Froning, G. W., & Satterlee, L. D. (1980). Protein nutritional quality of mechanically deboned poultry meat as predicted by the C-Per assay. *Journal of Food Science*, 45(3), 441-443.
19. Bacalhau, José, Cunha, Túlio & Afonso, Conrado. (2017). Effect of Ni content on the Hardenability of a Bainitic Steel for Plastics Processing. 10.26678/ABCM.COBEM2017.COB17-1174.
20. Banjac, V. (2018) Mogućnost primene visokoproteinskih frakcija suncokretove sačme dobijenih postupkom usitjavanja i vazdušne klasifikacije u proizvodnji ekstrudirane hrane za ribe. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija.
21. Banjac, V., Vukmirović, Đ., Pezo, L., Draganovic, V., Đuragić, O., & Čolović, R. (2021). Impact of variability in protein content of sunflower meal on the extrusion process and physical quality of the extruded salmonid feed. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3), e13640.



22. Barba, A. O., Hurtado, M. C., Mata, M. S., Ruiz, V. F., & De Tejada, M. L. S. (2006). Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. *Food chemistry*, 95(2), 328-336.
23. Barringer, S. A. (2006). Coating snack foods (Chapter 169). *Handbook of food science, technology and engineering* (Hui, Y. H. (Ed.)), CRC press.
24. Barriuso, B., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2013). A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *European food research and technology*, 236, 1-15.
25. Basilio-Atencio, J., Condezo-Hoyos, L., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Effect of extrusion cooking on the physical-chemical properties of whole kiwicha (*Amaranthus caudatus* L) flour variety centenario: Process optimization. *LWT*, 128, 109426.
26. Beck, S. M., Knoerzer, K., Foerster, M., Mayo, S., Philipp, C., & Arcot, J. (2018). Low moisture extrusion of pea protein and pea fibre fortified rice starch blends. *Journal of Food Engineering*, 231, 61-71.
27. Berrazaga, I., Micard, V., Gueugneau, M., & Walrand, S. (2019). The role of the anabolic properties of plant-versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: a critical review. *Nutrients*, 11(8), 1825.
28. Bhat, N. A., Wani, I. A., Hamdani, A. M., & Gani, A. (2019). Effect of extrusion on the physicochemical and antioxidant properties of value added snacks from whole wheat (*Triticum aestivum* L.) flour. *Food chemistry*, 276, 22-32.
29. Bhattacharya, S. (2012) Raw materials for extrusion foods, 69-87. In: *Advances in food extrusion technology* (ed: Maskan M. i Altan A.). CRC Press, SAD.
30. Bigliardi B., & Galat F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31, 118 - 129
31. Björck, I., & Asp, N. G. (1983). The effects of extrusion cooking on nutritional value—a literature review. *Journal of Food Engineering*, 2(4), 281-308.
32. Bogar, B., Szakacs, G., Tengerdy, R. P., Linden, J. C., и Pandey, A. (2002). Production of  $\alpha$ -amylase with *Aspergillus oryzae* on spent brewing grain by solid substrate fermentation. *Applied biochemistry and biotechnology*, 102(1-6), 453-461.
33. Bolade, M. K., Adeyemi, I. A., & Ogunsua, A. O. (2009). Influence of particle size fractions on the physicochemical properties of maize flour and textural characteristics of a maize-based nonfermented food gel. *International journal of food science & technology*, 44(3), 646-655.
34. Bordoloi, Ranjit & Ganguly, Subha. (2014). Extrusion texhnique in food procesing and a review on its various technological parameters. *Indian Journal Of Scientific Research and Technology*, 02, 1-3.

35. Borges, M. M., da Costa, D. V., Trombete, F. M., & Câmara, A. K. F. I. (2022). Edible insects as a sustainable alternative to food products: An insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100864.
36. Bouvier J. (2010). Twin screw versus single screw in fed extrusion processing. XIV International Symposium FEED TECHNOLOGY, 19-21.10.2010., Novi Sad. Thematic proceedings, 32-45.
37. Bouzaza, D., Arhaliass, A., & Bouvier, J. M. (1996). Die design and dough expansion in low moisture extrusion-cooking process. *Journal of Food Engineering*, 29(2), 139-152.
38. Bozic, P., Djordjic, V., Markovic, L., Cvejic, D., Trajkovic, N., Halasi, S., & Ostojic, S. (2021). Dietary Patterns and Weight Status of Primary School Children in Serbia. *Frontiers in Public Health*, 9, 678346.
39. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
40. Brennan, M. A., Derbyshire, E., Tiwari, B. K., & Brennan, C. S. (2013). Ready- to- eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 893-902.
41. Brennan, M. A., Merts, I., Monroe, J., Woolnough, J., & Brennan, C. S. (2008). Impact of guar and wheat bran on the physical and nutritional quality of extruded breakfast cereals. *Starch-Stärke*, 60(5), 248-256.
42. Brown, Karen, Heather McIlveen, & Christopher Strugnell. (2000). "Nutritional Awareness and Food Preferences of Young Consumers." *Nutrition & Food Science* 30(5): 230–35.
43. Brownlee, I. A. (2011). The physiological roles of dietary fibre. *Food hydrocolloids*, 25(2), 238-250.
44. Buth, S., Kimura, C., Lee, M., & Zhang, C. (2012). *Fiber & Fiber Additives*.
45. Cakmak, H., Altinel, B. U. R. A. K., Kumcuoglu, S. E. H. E. R., Kislal, D. U. Y. G. U., & Tavman, S. (2016). Production of crispy bread snacks containing chicken meat and chicken meat powder. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(4), 2387-2399.
46. Camire, M. A. (2012) Nutritional changes during extrusion cooking. 87-103 In: *Advances in food extrusion technology* (ed: Maskan M. i Altan A.). CRC Press, SAD.
47. Camire, M. E. (2002). In C. J. K. Henry, & C. Chapman (Eds.). *The nutrition handbook for food processors* (pp. 314–330). Boca Raton, FL. USA: CRC Press.
48. Candiotti, L. V., De Zan, M. M., Câmara, M. S., & Goicoechea, H. C. (2014). Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development. *Talanta*, 124, 123-138.
49. Carmo, C. S., Varela, P., Poudroux, C., Dessev, T., Myhrer, K., Rieder, A., ... & Knutsen, S. H. (2019). The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensorial properties of expanded snacks from pea and oat fractions. *LWT*, 112, 108252.

50. Chaiyakul, S., Jangchud, K., Jangchud, A., Wuttijumnong, P., & Winger, R. (2009). Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. *LWT-Food Science and Technology*, 42(3), 781-787.
51. Cheftel, J. C. (1986). Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food chemistry*, 20(4), 263-283.
52. Cho, K. Y., & Rizvi, S. S. H. (2010). New generation of healthy snack food by supercritical fluid extrusion. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(2), 192-218.
53. 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.
54. Clerici, M. T. P. S., & El-Dash, A. A. (2008). Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 1543-1550.
55. Costell, E., Tárrega, A., & Bayarri, S. (2010). Food acceptance: The role of consumer perception and attitudes. *Chemosensory perception*, 3, 42-50.
56. Cuj-Laines, R., Hernández-Santos, B., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E., JuárezBarrientos, J. M., Torruco-Uco, J. G., и Rodríguez-Miranda, J. (2018). Relevant Aspects of the Development of Extruded High-Protein Snacks: An Alternative to Reduce Global Undernourishment. *Y Alternative and Replacement Foods* (III. 141-166). Academic Press.
57. Cunningham, F. E., P. E. Neumann and G. R. Huber. 1993. Extruded Meat-based Snack Food and Method for Preparing Same. US Patent No. 5262190.
58. Dary, O., & Mora, J. O. (2013). Food fortification: technological aspects. in *Encyclopedia of Human Nutrition*.
59. De Oliveira, G. P., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2007). Processed and prepared corn products as sources of lutein and zeaxanthin: Compositional variation in the food chain. *Journal of Food Science*, 72(1), S079-S085.
60. De Pilli, T., Severini, C., Baiano, A., Derossi, A., Arhaliass, A., & Legrand, J. (2005). Effects of operating conditions on oil loss and properties of products obtained by co-rotating twin-screw extrusion of fatty meal: preliminary study. *Journal of Food Engineering*, 70(1), 109-116.
61. Delić, J., Peulić, T., Ikonić, P., Čolović, R., Jokanović, M., Banjac, V., & Rakita, S. (2020). Mechanically deboned poultry meat and brewer's processing by-product as promising ingredients for nutritionally valuable extruded snacks. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 453-460.
62. Desrumaux, A., Bouvier, J. M., & Burri, J. (1999). Effect of free fatty acids addition on corn grits extrusion cooking. *Cereal Chemistry*, 76(5), 699-704.
63. Devi, N. L., Shobha, S., Tang, X., Shaur, S. A., Dogan, H., & Alavi, S. (2013). Development of protein-rich sorghum-based expanded snacks using extrusion technology. *International Journal of Food Properties*, 16(2), 263-276.

64. Dhawi, F., El-Beltagi, H. S., Aly, E., & Hamed, A. M. (2020). Antioxidant, antibacterial activities and mineral content of buffalo yoghurt fortified with fenugreek and *Moringa oleifera* seed flours. *Foods*, 9(9), 1157.
65. Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of food science and technology*, 49, 255-266.
66. Dietary Guidelines Advisory Committee. (2011). Report of the Dietary Guidelines Advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans, 2010. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
67. Ding, Q. B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., & Marson, H. (2006). The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of food engineering*, 73(2), 142-148.
68. Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfroid, M. B. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document. *British Journal of Nutrition*, 81 (Suppl. 1), S1-S27.
69. Ditudompo, S., Takhar, P. S., Ganjyal, G. M., & Hanna, M. A. (2016). Effect of extrusion conditions on expansion behavior and selected physical characteristics of cornstarch extrudates. *Transactions of the ASABE*, 59(4), 969-983.
70. Doyle, M. E., & Glass, K. A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(1), 44-56.
71. Edem, D. O. (2002). Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57, 319-341.
72. EFSA. (2009). Review of labelling reference intake values- Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the review of labelling reference intake values for selected nutritional elements □1□. *The EFSA Journal*, 1008, 1-14. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1008>
73. Ek, P., & Ganjyal, G. M. (2020). Basics of extrusion processing. In *Extrusion Cooking* (pp. 1-28). Woodhead Publishing.
74. Endrizzi, I., Torri, L., Corollaro, M. L., Demattè, M. L., Aprea, E., Charles, M., ... & Gasperi, F. (2015). A conjoint study on apple acceptability: Sensory characteristics and nutritional information. *Food quality and preference*, 40, 39-48.
75. FAO/WHO/UNU (2002): Protein and amino acid requirements in human nutrition, Report of a joint expert consultation, Geneva, Switzerland.
76. Félix-Medina, J. V., Montes-Ávila, J., Reyes-Moreno, C., Perales-Sánchez, J. X. K., Gómez-Favela, M. A., Aguilar-Palazuelos, E., & Gutiérrez-Dorado, R. (2020). Second-generation snacks with high

- nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. *LWT*, 124, 109172.
77. Fellows, P. (2000). *Food processing technology. Principles and Practice*. 2nd ed. Cambridge CB1 6AH, England: Woodhead Publishing Limited, pp.294-308.
78. Ferreira, R. E., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2011). Influence of wheat bran addition and of thermoplastic extrusion process parameters on physical properties of corn-based expanded extruded snacks. *Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição*, 22(4).
79. Filipović, S., Sakač, M. (2013). *Ekstrudiranje u proizvodnji hrane za životinje*, Poglavlje 1, Ekstrudiranje - Opšte karakteristike, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija. pp 15-48.
80. FINSLab-5.4-3M-043: Određivanje olova, kadmijuma, cinka, bakra i gvožđa atomskom apsorpcionom spektrometrijom (AAS) posle suvog spaljivanja
81. Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*, 226(1), 497-509.
82. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. (2005). *Sodium and chloride. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate*. Washington, DC: National Academies Press; pp. 269–423.
83. Fotiadou, E. i Babajimopoulos, B. (2006). Snack patterns of Greek adults 20–50 years of age. *Journal of Foodservice*, 17(5-6), 197-204.
84. Friganović, E., Čalić, S., Maleš, V., & Mustapić, A. (2011). Funkcionalna hrana i potrošači. *Praktični menadžment: stručni časopis za teoriju i praksu menadžmenta*, 2(1), 51-57.
85. GBD. (2016). Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The lancet*. 2017; 390 (10100):1211 - 1259.
86. Goldstrand, R. E. (1988). Edible Meat Products: Their Production and Importance to the Meat Industry. In A. M. Pearson & T. R. Dutson (Eds.), *Edible Meat By-Products Advances in Meat*
87. Gomez, M. H., & Aguilera, J. M. (1984). A physicochemical model for extrusion of corn starch. *Journal of Food Science*, 49(1), 40-43.
88. Govender, L., & Siwela, M. (2020). The effect of *Moringa oleifera* leaf powder on the physical quality, nutritional composition and consumer acceptability of white and brown breads. *Foods*, 9(12), 1910.
89. Grasso, Simona. 2020. "Extruded Snacks from Industrial By-Products: A Review." *Trends in Food Science & Technology* 99: 284–94.

90. Gray D., Chinnaswamy R. (1995). Food processing recent developments, Chapter 1th – Role of extrusion in food processing, Elsevier Science B.V., United Kingdom, Atchinson, pp. 241-263.
91. Gropper, M., Moraru, C. I., & Kokini, J. L. (2002). Effect of specific mechanical energy on properties of extruded protein-starch mixtures. *Cereal Chemistry*, 79(3), 429-433.
92. Guha, M., Ali, S. Z., & Bhattacharya, S. (1998). Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behaviour of rice extrudate. *International journal of food science & technology*, 33(3), 259-266.
93. Gutkoski, L. C., & El-Dash, A. A. (1999). Effect of extrusion process variables on physical and chemical properties of extruded oat products. *Plant foods for human nutrition*, 54, 315-325.
94. Guy, R. (2001). Raw materials for extrusion cooking. In: *Extrusion Cooking: Technologies and Applications*. (edited by R. Guy).
95. Gyura, J., Šereš, Z., Šoronja-Simoviš, D., & Pajin, B. (2016). Proizvodnja i primena prehrambenih vlakana I deo. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
96. Hailu, G., Boecker, A., Henson, S., & Cranfield, J. (2009). Consumer valuation of functional foods and nutraceuticals in Canada. A conjoint study using probiotics. *Appetite*, 52 (2), 257–265.
97. Han, Y. J., & Tran, T. T. T. (2018). Corn snack with high fiber content: Effects of different fiber types on the product quality. *LWT*, 96, 1-6.
98. Harper, J. M. (1989). Food extruders and their applications. In: *Extrusion Cooking* (Mercier, C., Linko, P., Harper, J. M. eds), American Association of Cereal Chemistry, St Paul, MN, 1-15.
99. Harper, J.M. (1992). Extrusion processing of starch. In: Alexander, R.J. and Zobel, H.F. (Eds), *Developments in carbohydrate chemistry*. American Association of Cereal Chemists inc., St. Paul, MN, pp. 37-64.
100. Hasler, M. C. (2000). The Changing Face of Functional Foods. *Journal of the American College of Nutrition*, 19 (5); 499–506.
101. Haugaard, G., Tumerman, L., & Silvestri, H. (1951). A study on the reaction of aldoses and amino acids. *Journal of the American Chemical Society*, 73(10), 4594-4600.
102. Hebden, L. et al. 2015. “You Are What You Choose to Eat: Factors Influencing Young Adults’ Food Selection Behaviour.” *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 28(4): 401–8.
103. Hejna, A., Barczewski, M., Skórczewska, K., Szulc, J., Chmielnicki, B., Korol, J., & Formela, K. (2021). Sustainable upcycling of brewers’ spent grain by thermo-mechanical treatment in twin-screw extruder. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124839.
104. Henckel, P., Vyberg, M., Thode, S., & Hermansen, S. (2004). Assessing the quality of mechanically and manually recovered chicken meat. *LWT-Food science and Technology*, 37(6), 593-601.

105. Hess, Julie M, Satya S Jonnalagadda, and Joanne L Slavin. 2016. "What Is a Snack, Why Do We Snack, and How Can We Choose Better Snacks? A Review of the Definitions of Snacking, Motivations to Snack, Contributions to Dietary Intake, and Recommendations for Improvement." *Advances in Nutrition* 7(3): 466–75.
106. Hidaka, S., & Shimoda, K. (2014). Investigation of the effects of color on judgments of sweetness using a taste adaptation method. *Multisensory Research*, 27(3-4), 189-205.
107. Hipsley, E. H. (1953). Dietary "fibre" and pregnancy toxemia. *British medical journal*, 2(4833), 420.
108. Howells, L. C., & Livesey, C. T. (1998). A survey of vitamin A concentrations in the liver of food-producing animals. *Food Additives & Contaminants*, 15(1), 10-18.
109. <http://www.efsa.europa.eu>
110. <http://www.efsa.europa.eu/en/interactive-pages/drvs>
111. <http://www.gausepohl-fleisch.de/en/product-catalog/chicken.html>
112. [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSees0-OGugnmbZdC-WpgjuEAnxCJZ9V-Kz6xOMQL-1iBzYY7Q/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSees0-OGugnmbZdC-WpgjuEAnxCJZ9V-Kz6xOMQL-1iBzYY7Q/viewform?usp=sf_link)
113. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171060/nutrients>
114. <https://papareillyfoods.ie/product/chicken-liver-1-kg-pack/>
115. <https://www.bulkcontainerexpress.com/bulk-bins-and-spent-grains>
116. <https://www.choosemyplate.gov>
117. <https://www.factmr.com/report/50/snacks-market>
118. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
119. <https://www.instore.rs/hr/article/52620/retailzoom-retail-audit-rast-prodaje-snek-i-musli-barova>
120. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/snack-food-market>
121. <https://www.organicnet.co/en/magazine/ultimativni-vodic-za-zdrav-obrok-sta-sve-treba-da-se-nade-na-vasem-tanjiru>
122. [https://www.researchgate.net/figure/A-Three-dimensional-CIELAB-color-space-where-the-L-axis-represents-the-colors\\_fig2\\_318751900](https://www.researchgate.net/figure/A-Three-dimensional-CIELAB-color-space-where-the-L-axis-represents-the-colors_fig2_318751900)
123. <https://www.statista.com/statistics/613471/palm-oil-production-volume-worldwide/>
124. <https://www.swisslion-takovo.com/en/proizvodi/puffs/>
125. Huber, G. (2001). Snack Foods from Cooking Extruders, 315-368. [In:] *Snack Foods Processing*. Ed. EW LUCAS, LW ROONEY.
126. Igual, M., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2020). Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products. *Journal of Food Engineering*, 282, 110032.

127. Ilo, S., Schoenlechner, R., & Berghofe, E. (2000). Role of lipids in the extrusion cooking processes. *Grasas y Aceites*, 51(1-2), 97-110.
128. Iluic, I. (1980). The temperature of friction surfaces in *Tribology Series* (vol. 4), 31-41.
129. Inaki, G. B. J., Antonio, P. C. G., Efrén, D., Hiram, M. R., Daniela, G. I., & Damián, R. J. (2022). Black soldier fly: Propection of the inclusion of insect-based ingredients in extruded foods.
130. Jabeen, A., Hassan, S., Masoodi, L., Ajaz, N., & Rafiq, A. (2018). Physico-chemical composition and functional properties of blended flour obtained from lentil, pumpkin and barley for development of extrudates. *Journal of Food Processing & Technology*, 9(1), 1-9.
131. Jacques-Fajardo, G. E., Prado-Ramírez, R., Arriola-Guevara, E., Carrillo, E. P., Espinosa-Andrews, H., & Morales, G. M. G. (2017). Physical and hydration properties of expanded extrudates from a blue corn, yellow pea and oat bran blend. *LWT*, 84, 804-814.
132. Jangchud, K., Jangchud, A., & Charunuch, C. (2018). Optimization of pumpkin and feed moisture content to produce healthy pumpkin-germinated brown rice extruded snacks. *Agriculture and Natural Resources*, 52(6), 550-556.
133. Jastran, M. M., Bisogni, C. A., Sobal, J., Blake, C., & Devine, C. M. (2009). Eating routines. Embedded, value based, modifiable, and reflective. *Appetite*, 52(1), 127-136.
134. Joshi, S. M., Bera, M. B., & Panesar, P. S. (2014). Extrusion cooking of maize/spirulina mixture: factors affecting expanded product characteristics and sensory quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(2), 655-664.
135. Jumpertz, R., Venti, C. A., Le, D. S., Michaels, J., Parrington, S., Krakoff, J., & Votruba, S. (2013). Food label accuracy of common snack foods. *Obesity*, 21(1), 164-169
136. Kanojia, V., & Singh, M. (2016). Extruded Product Quality Assessment Indices: A Review, Review article. *International Journal of Agriculture Sciences*, 8(54), 2928-2934.
137. Kant, Ashima K., and Barry I. Graubard. 2015. "40-Year Trends in Meal and Snack Eating Behaviors of American Adults." *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 115(1): 50–63.
138. Karkle, E. L., Alavi, S., & Dogan, H. (2012). Cellular architecture and its relationship with mechanical properties in expanded extrudates containing apple pomace. *Food research international*, 46(1), 10-21.
139. Kaur, A., Kaur, S., Singh, M., Singh, N., Shevkani, K., & Singh, B. (2015). Effect of banana flour, screw speed and temperature on extrusion behaviour of corn extrudates. *Journal of food science and technology*, 52, 4276-4285.
140. Kiely, M., Black, L. J., Plumb, J., Kroon, P. A., Hollman, P. C., Larsen, J. C., & Finglas, P. (2010). EuroFIR eBASIS: application for health claims submissions and evaluations. *European journal of clinical nutrition*, 64(3), S101-S107.



141. Kil, D. Y., Park, C. S., Son, A. R., Ji, S. Y., & Kim, B. G. (2014). Digestibility of crude protein and amino acids in corn grains from different origins for pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 196, 68-75.
142. Klímek, P., Wimmer, R., Mishra, P. K., & Kúdela, J. (2017). Utilizing brewer's-spent-grain in wood-based particleboard manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 141, 812-817.
143. Kojić J. (2018). Optimizacija procesa ekstrudiranja spelte za kreiranje funkcionalnih proizvoda sa dodatkom betaina. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1-137.
144. Kojić, J. S., N. M. Ilić, P. S. Kojić, L. L. Pezo, V. V. Banjac, J. A. Krulj, M. I. Bodroža Solarov. (2018). Multiobjective process optimization for betaine enriched spelt flour based extrudates. *J. Food Process Eng.* 42: e12942.
145. Kokić B. (2017). Uticaj termičkih tretmana hrane za životinje na promene skrobne komponente i svarljivost. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1-129.
146. Korkerd, S., Wanlapa, S., Puttanlek, C., Uttapap, D., & Rungsardthong, V. (2016). Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products. *Journal of food science and technology*, 53(1), 561-570.
147. Ktenioudaki, A., & Gallagher, E. (2012). Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science & Technology*, 28(1), 4-14.
148. Ktenioudaki, A., Chaurin, V., Reis, S. F., & Gallagher, E. (2012). Brewer's spent grain as a functional ingredient for breadsticks. *International journal of food science & technology*, 47(8), 1765-1771.
149. Kumar, R., & Chambers IV, E. (2019). Understanding the terminology for snack foods and their texture by consumers in four languages: A qualitative study. *Foods*, 8(10), 484.
150. Kumar, R., Chambers IV, E., Chambers, D. H., & Lee, J. (2021). Generating new snack food texture ideas using sensory and consumer research tools: A case study of the Japanese and south Korean snack food markets. *Foods*, 10(2), 474.
151. Lam, C. D., & Flores, R. A. (2003). Effect of particle size and moisture content on viscosity of fish feed. *Cereal Chemistry*, 80(1), 20-24.
152. Launay, B., & Lisch, J. M. (1983). Twin-screw extrusion cooking of starches: flow behaviour of starch pastes, expansion and mechanical properties of extrudates. *Journal of Food Engineering*, 2(4), 259-280.
153. Lawrie, R.A. & Ledward, D.A. (2006). Meat and human nutrition. *У Lawrie's meat science* (III. 324-352). CRC press.
154. Lee, S. O., Min, J. S., Kim, I. S., & Lee, M. (2003). Physical evaluation of popped cereal snacks with spent hen meat. *Meat science*, 64(4), 383-390.

155. Lehninger, A. L., Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2005). *Lehninger principles of biochemistry*. Macmillan
156. Lei, H., Fulcher, R. G., Ruan, R., & van Lengerich, B. (2007). Assessment of color development due to twin-screw extrusion of rice–glucose–lysine blend using image analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 40(7), 1224-1231.
157. Li, J. S., и Vasal, S. K. (2016). *Maize: Quality Protein Maize*. У Encyclopedia of Food Grains (pp. 420-424). Academic Press.
158. Li, Q., Chai, L., Yang, Z., & Wang, Q. (2009). Kinetics and thermodynamics of Pb (II) adsorption onto modified spent grain from aqueous solutions. *Applied surface science*, 255(7), 4298-4303.
159. Lisiecka, K., Wójtowicz, A., Mitrus, M., Oniszczyk, T., & Combrzyński, M. (2021). New type of potato-based snack-pellets supplemented with fresh vegetables from the *Allium* genus and its selected properties. *Lwt*, 145, 111233.
160. Liu, Y., Hsieh, F., Heymann, H., & Huff, H. E. (2000). Effect of process conditions on the physical and sensory properties of extruded oat-corn puff. *Journal of food science*, 65(7), 1253-1259.
161. Lobato, L. P., Anibal, D., Lazaretti, M. M., & Grossmann, M. V. E. (2011). Extruded puffed functional ingredient with oat bran and soy flour. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 933-939.
162. Lopes, C.; Oliveira, A.; Afonso, L.; Moreira, T.; Durão, C.; Severo, M.; Vilela, S.; Ramos, E.; Barros, H. (2014). Diet habits in 4-years aged children. In *Portugal—Healthy Nutrition in Numbers National Program for Promotion of Healthy Nutrition; Directorate-General of Health: Lisbon, Portugal, 2014; pp. 17–21*.
163. Low, K. S., Lee, C. K., & Liew, S. C. (2000). Sorption of cadmium and lead from aqueous solutions by spent grain. *Process Biochemistry*, 36(1-2), 59-64.
164. Lucas, B. F., de Moraes, M. G., Santos, T. D., & Costa, J. A. V. (2018). *Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations*. *LWT*, 90, 270-276.
165. Lusas, E.W., Rooney, L.W. (2001). *Snack Foods Processing*. CRC Press
166. Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(4), 553-568.
167. MacIntyre, U. E. (2009). Measuring food intake. *Introduction to Human Nutrition*, 2, 238-275.
168. MacNeil, J. H., Mast, M. G., & Leach, R. M. (1978). Protein efficiency ratio and levels of selected nutrients in mechanically deboned poultry meat. *Journal of Food Science*, 43(3), 864-865.
169. Maillard, L. C. (1912). Action des acides amines sur les sucres; formation des melanoidies par voie methodique. *CR. Acad. Sci.*, 154, 66-68.

170. Makowska, A., Mildner-Szkudlarz, S., & Obuchowski, W. (2013). Effect of brewer's spent grain addition on properties of corn extrudates with an increased dietary fibre content. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 63(1), 19-23.
171. Man, Y., Xu, T., Adhikari, B., Zhou, C., Wang, Y., & Wang, B. (2022). Iron supplementation and iron-fortified foods: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(16), 4504-4525.
172. Mannar, M. V., & Khan, N. A. (2016). *Food Fortification: Rationale and Methods*.
173. Marcus, J. B. (2013). *Nutrition Basics: What Is Inside Food, How It Functions and Healthy Guidelines in Culinary nutrition: the science and practice of healthy cooking*. Academic Press, SAD.
174. Mark-Herbert, C. (2004). Innovation of a new product category—functional foods. *Technovation*, 24(9), 713-719.
175. Martinez, C., Fox, T., Eagles, J., & Fairweather-Tait, S. (1998). Evaluation of iron bioavailability in infant weaning foods fortified with haem concentrate. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 27(4), 419-424.
176. Martirosyan, D. M., & Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?. *Functional foods in health and disease*, 5(6), 209-223.
177. Mba, O. I., Dumont, M. J., & Ngadi, M. (2015). Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry—A review. *Food bioscience*, 10, 26-41.
178. Menis-Henrique, M. E. C., Janzanti, N. S., Monteiro, M., & Conti-Silva, A. C. (2020). Physical and sensory characteristics of cheese-flavored expanded snacks obtained using butyric acid and cysteine as aroma precursors: Effects of extrusion temperature and sunflower oil content. *Lwt*, 122, 109001.
179. Miletić, I., Šobajić, S., & Đorđević, B. (2008). Functional foods and their role in the improvement of health status. *Journal of Medical Biochemistry*, 27(3), 367-370.
180. Milićević N. (2018). *Zamenjivači masti na bazi pšeničnih i ovsenih mekinja i njihova primena u formulaciji keksa*. Doktorska disertacija. Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija.
181. Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede. (2011) *Vodič za mikrobiološke kriterijume za hranu*.
182. Mollet, B., & Rowland, I. (2002). Functional foods: At the frontier between food and pharma. *Current Opinion in Biotechnology*, 5(13), 483-485.
183. Moors, E. H. (2012). Functional foods: regulation and innovations in the EU. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(4), 424-440.
184. Moraru, C. I., & Kokini, J. L. (2003). Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(4), 147-165.

185. Moscicki, L., & Van Zuilichem, D. J. (2011). Extrusion-cooking and related technique. Extrusion-cooking techniques: applications, theory and sustainability. Wiley, Weinheim, 1-24.
186. Mullen, A. M., & Álvarez, C. (2016). Offal: types and composition. The Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, United Kingdom, pp 152-157.
187. Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(7), 1264-1275.
188. Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. Journal of cereal science, 43(1), 1-14.
189. Mussatto, S. I., и Roberto, I. C. (2005). Acid hydrolysis and fermentation of brewer's spent grain to produce xylitol. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(14), 2453-2460.
190. Nascimento, T. A., Calado, V., & Carvalho, C. W. (2017). Effect of Brewer's spent grain and temperature on physical properties of expanded extrudates from rice. LWT-Food Science and Technology, 79, 145-151.
191. Navale, S. A., Swami, S. B., & Thakor, N. J. (2015). Extrusion cooking technology for foods: A review. Journal of Ready to Eat Food, 2(3), 66-80.
192. Neder-Suárez, D., Quintero-Ramos, A., Meléndez-Pizarro, C. O., de Jesús Zazueta-Morales, J., Paraguay-Delgado, F., & Ruiz-Gutiérrez, M. G. (2021). Evaluation of the physicochemical properties of third-generation snacks made from blue corn, black beans, and sweet chard produced by extrusion. LWT, 146, 111414.
193. Negrão, C. C., Mizubuti, I. Y., Morita, M. C., Colli, C., Ida, E. I., & Shimokomaki, M. (2005). Biological evaluation of mechanically deboned chicken meat protein quality. Food chemistry, 90(4), 579-583.
194. Nicklaus, S., Vincent, B., Claire, C., & Sylvie, I. (2004). A Prospective Study of Food Preferences in Childhood. Food Quality and Preference 15(7-8 SPEC.ISS.): 805–18.
195. Nikmaram, N., Kamani, M. H., & Ghalavand, R. (2015). The effects of extrusion cooking on antinutritional factors, chemical properties and contaminating microorganisms of food. International Journal of Farming and Allied Sciences, 4(4), 352-354.
196. Nikmaram, N., Leong, S. Y., Koubaa, M., Zhu, Z., Barba, F. J., Greiner, R., ... & Roohinejad, S. (2017). Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. Food control, 79, 62-73.
197. Niva, M. (2007). 'All foods affect health': understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. Appetite, 48(3), 384-393.
198. Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., & Gazza, L. (2019). Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. Lwt, 114, 108421.

199. Nollet L. M. L., & Toldrá F., (2011). Introduction - Offal meat: Definitions, regions, cultures, generalities. Handbook of analysis of edible animal by-products. CRC Press; NY: pp. 105–121.
200. Obeid, R., Heil, S. G., Verhoeven, M. M., Van den Heuvel, E. G., De Groot, L. C., & Eussen, S. J. (2019). Vitamin B12 intake from animal foods, biomarkers, and health aspects. *Frontiers in Nutrition*, 6, 93.
201. Obradović, V., Babić, J., Šubarić, D., Ačkar, Đ., & Jozinović, A. (2014). Improvement of nutritional and functional properties of extruded food products. *Journal of Food & Nutrition Research*, 53(3).
202. Ockerman, H. W., & Hansen, C. L. (1988). *Animal by-product processing*. Weinheim: VCH; Chichester: Horwood.
203. Offiah, V., Kontogiorgos, V., & Falade, K. O. (2019). Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(18), 2979-2998.
204. Oliveira, L. C., Rosell, C. M., & Steel, C. J. (2015). Effect of the addition of whole-grain wheat flour and of extrusion process parameters on dietary fibre content, starch transformation and mechanical properties of a ready-to-eat breakfast cereal. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(6), 1504-1514.
205. Oliveira, L. C., Schmiele, M., & Steel, C. J. (2017). Development of whole grain wheat flour extruded cereal and process impacts on color, expansion, and dry and bowl-life texture. *LWT*, 75, 261-270.
206. Omwamba, M., & Mahungu, S. M. (2014). Development of a protein-rich ready-to-eat extruded snack from a composite blend of rice, sorghum and soybean flour. *Food and Nutrition Sciences*, 2014.
207. Orfanos, P., Naska, A., Trichopoulos, D., Slimani, N., Ferrari, P., Van Bakel, M., ... & Trichopoulou, A. (2007). Eating out of home and its correlates in 10 European countries. The European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public health nutrition*, 10(12), 1515-1525.
208. Ott, R. L. (1964). Mechanism of the mechanical degradation of cellulose. *Journal of Polymer Science Part A: General Papers*, 2(2), 973-982.
209. Pabbathi, N. P. P., Velidandi, A., Pogula, S., Gandam, P. K., Baadhe, R. R., Sharma, M., ... & Gupta, V. K. (2022). Brewer's spent grains-based biorefineries: A critical review. *Fuel*, 317, 123435.
210. Pamies, B. V., Roudaut, G., Dacremont, C., Meste, M. L., & Mitchell, J. R. (2000). Understanding the texture of low moisture cereal products: mechanical and sensory measurements of crispness. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(11), 1679-1685.

211. Panak Balentić, J., Babić, J., Jozinović, A., Ačkar, Đ., Miličević, B., Muhamedbegović, B. i Šubarić, D. (2018). Production of third-generation snacks. *Croatian journal of food science and technology*, 10, 98- 105.
212. Panak-Balentić, J., Ačkar, Đ., Jozinović, A., Babić, J., Miličević, B., Jokić, S., ... & Šubarić, D. (2017). Application of supercritical carbon dioxide extrusion in food processing technology. *Hemijska industrija*, 71(2), 127-134.
213. Paraman, I., Sharif, M. K., Supriyadi, S., & Rizvi, S. S. (2015). Agro-food industry byproducts into value-added extruded foods. *Food and Bioproducts Processing*, 96, 78-85.
214. Paraman, I., Wagner, M. E., & Rizvi, S. S. (2012). Micronutrient and protein-fortified whole grain puffed rice made by supercritical fluid extrusion. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(44), 11188-11194.
215. Pastoriza, S., & Rufián-Henares, J. A. (2014). Contribution of melanoidins to the antioxidant capacity of the Spanish diet. *Food chemistry*, 164, 438-445.
216. Pathania, S., Singh, B., Sharma, S., Sharma, V., & Singla, S. (2013). Optimization of extrusion processing conditions for preparation of an instant grain base for use in weaning foods. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(3), 1040-1049.
217. Paula, A. M., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 121, 9-14.
218. Pejin, J. D., Radosavljević, M. S., Grujić, O. S., Mojović, L. V., Kocić-Tanackov, S. D., Nikolić, S. B., & Djukić-Vuković, A. P. (2013). Mogućnosti primene pivskog tropa u biotehnologiji. *Chemical Industry/Hemijska Industrija*, 67(2).
219. Perović J. (2022). Razvoj novog bezglutenskog funkcionalnog flips proizvoda oplemenjenog korenom cikorije - doktorska disertacija, Tehnološki fakultet u Novom Sadu.
220. Petersen, G. I., Liu, Y., & Stein, H. H. (2014). Coefficient of standardized ileal digestibility of amino acids in corn, soybean meal, corn gluten meal, high-protein distillers dried grains, and field peas fed to weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 188, 145-149.
221. Philipp, C., Emin, M. A., Buckow, R., Silcock, P., & Oey, I. (2018). Pea protein-fortified extruded snacks: Linking melt viscosity and glass transition temperature with expansion behaviour. *Journal of Food Engineering*, 217, 93-100.
222. Philipp, C., Oey, I., Silcock, P., Beck, S. M., & Buckow, R. (2017). Impact of protein content on physical and microstructural properties of extruded rice starch-pea protein snacks. *Journal of Food Engineering*, 212, 165-173.
223. Poutanen, K., Sozer, N., & Della Valle, G. (2014). How can technology help to deliver more of grain in cereal foods for a healthy diet?. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 327-336.

224. Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane („Sl. glasnik RS”, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022 i 30/2022)
225. Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za fine pekarske proizvode, žita za doručak i snek proizvode („Sl. list SCG”, br. 12/2005 i „Sl. glasnik RS”, br. 43/2013 - dr. pravilnik)
226. Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa, („Sl. glasnik RS”, br. 50/2019 i 34/2023)
227. Pravilnik o metodama fizickih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina I brzo smrznutih testa („Sl. list SFRJ” broj 74/1988)
228. Pravilnik o prehrambenim i zdravstvenim izjavama koje se navode na deklaraciji hrane („Sl. glasnik RS”, br. 51/2018 i 103/2018)
229. Pravilnika o kvalitetu i drugim zahtevima za jestiva biljna ulja i masti, margarin i druge masne namaze, majonez i srodne proizvode („Sl. list SCG”, br. 23/2006 i „Sl. glasnik RS”, br. 43/2013 - dr. pravilnik)
230. Punter, P. H. (2018). Free choice profiling. In S. E. Kemp, J. Hort and T. Hollowood (Eds.), *Descriptive analysis in sensory evaluation*, (pp. 493-511). Chichester.
231. Qadir, N., & Wani, I. A. (2023). Extrusion assisted interaction of rice starch with rice protein and fibre: Effect on physicochemical, thermal and in-vitro digestibility characteristics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 237, 124205.
232. Racicot, W. F., Satterlee, L. D., и Hanna, M. A. (1981). Interaction of lactose and sucrose with cornmeal proteins during extrusion. *Journal of Food Science*, 46(5), 1500-1506
233. Rađen, S. (2012). *Ishrana: uloga u unapređenju zdravlja i prevenciji bolesti*. Medija centar „Odbrana“, Srbija.
234. Ralet, M.C., Thibault, J.F., & Della Valle, G. (1990). Influence of extrusion-cooking on the physico-chemical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 11, 249e259
235. Ramos Diaz, J. M., Sundarajan, L., Kariluoto, S., Lampi, A. M., Tenitz, S., & Jouppila, K. (2017). Effect of extrusion cooking on physical properties and chemical composition of corn-based snacks containing amaranth and quinoa: application of partial least squares regression. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12320.
236. Rangan, A. M., Randall, D., Hector, D. J., Gill, T. P., & Webb, K. L. (2008). Consumption of ‘extra’ foods by Australian children: types, quantities and contribution to energy and nutrient intakes. *European journal of clinical nutrition*, 62(3), 356-364.
237. Rangan, A. M., Schindeler, S., Hector, D. J., Gill, T. P., & Webb, K. L. (2009). Consumption of ‘extra’ foods by Australian adults: types, quantities and contribution to energy and nutrient intakes. *European journal of clinical nutrition*, 63(7), 865-871.

238. Ray, E. E., Mckee, L. H., Gardner, B. J., & Smith, D. W. (1996). Properties of an extruded jerky-type meat snack containing potato flour. *Journal of Muscle Foods*, 7(2), 199-212.
239. Rede R.R., i Popović S. Lj. (1997). Ultrastruktura i hemijska građa mišića. U *Tehnologija mesa i nauka o mesu* (pp. 345 -378). Tehnološki fakultet.
240. Regulation (EC) No. 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods, *Official Journal of the European Union*, L404 (2006), pp. 9-25
241. Republički zavod za statistiku. (2022). *Statistički godišnjak Republike Srbije*, ISSN 0354-4206
242. Rhee, K. S., Cho, S. H., & Pradahn, A. M. (1999). Composition, storage stability and sensory properties of expanded extrudates from blends of corn starch and goat meat, lamb, mutton, spent fowl meat, or beef. *Meat science*, 52(2), 135-141.
243. Riaz, M. N. (2000). Introduction to Extruders and Their Principles. In: *Extruders in Food Applications*. M. N. Riaz (Ed.), Taylor & Francis Group & CRC Press, Boca Raton, USA, 1-23.
244. Riaz, M. N. (2004). Snack Foods, Processing. *Encyclopedia of Grain Science*, 3, 98-108.
245. Riaz, M. N. (2007). Introduction to extrusion. in: *Extruders and expanders in pet food, aquatic and livestock feeds*. Riaz, M. N. (Ed.), Agrimedia GmbH, Clenze, Germany, 21-28.
246. Riaz, M. N., & Rokey, G. J. (2012). *Extrusion problems solved: Food, pet food and feed*. Elsevier.
247. Ribas-Barba, L., Serra-Majem, L., Salvador, G., Castell, C., Cabezas, C., Salleras, L., & Plasencia, A. (2007). Trends in dietary habits and food consumption in Catalonia, Spain (1992–2003). *Public Health Nutrition*, 10(11A), 1340-1353.
248. Roberfroid, M. B. (2000). Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *The American journal of clinical nutrition*, 71(6), 1660S-1664S.
249. Robin, F., Dubois, C., Pineau, N., Schuchmann, H. P., & Palzer, S. (2011). Expansion mechanism of extruded foams supplemented with wheat bran. *Journal of food engineering*, 107(1), 80-89.
250. Robin, F., Schuchmann, H. P., & Palzer, S. (2012). Dietary fiber in extruded cereals: limitations and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 28(1), 23-32.
251. Robscheit-Robbins, F. S., & Whipple, G. H. (1927). Blood Regeneration in Severe Anemia: VI. Influence of Kidney, Chicken and Fish Livers, and Whole Fish. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 79(2), 271-279.
252. Rossi, D. M., Flôres, S. H., Venzke, J. G., & Ayub, M. A. Z. (2009). Biological evaluation of mechanically deboned chicken meat protein hydrolysate. *Revista de Nutrição*, 22, 879-885.
253. Russ, W., Mörtel, H., & Meyer-Pittroff, R. (2005). Application of spent grains to increase porosity in bricks. *Construction and Building Materials*, 19(2), 117-126.



254. Sandrin, R., Caon, T., Zibetti, A. W., & de Francisco, A. (2018). Effect of extrusion temperature and screw speed on properties of oat and rice flour extrudates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3427-3436.
255. Santos, M., Jiménez, J. J., Bartolomé, B., Gómez-Cordovés, C., & Del Nozal, M. J. (2003). Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chemistry*, 80(1), 17-21.
256. Sanz, D., Castells, F., Freixanet, L., & Lagares, J. (2017). Innovative technology optimises the future of meat snacks. *International Meat Topics*, 7, 7-9.
257. Sari, M., Bloem, M. W., de Pee, S., Schultink, W. J., & Sastroamidjojo, S. (2001). Effect of iron-fortified candies on the iron status of children aged 4–6 y in East Jakarta, Indonesia. *The American journal of clinical nutrition*, 73(6), 1034-1039.
258. Sebio, L., & Chang, Y. K. (2000). Effects of selected process parameters in extrusion of yam flour (*Dioscorea rotundata*) on physicochemical properties of the extrudates. *Food/Nahrung*, 44(2), 96-101.
259. Serena, A., & Knudsen, K. B. (2007). Chemical and physicochemical characterisation of co-products from the vegetable food and agro industries. *Animal Feed Science and Technology*, 139(1-2), 109-124.
260. Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/nahrung*, 44(3), 158-163.
261. Sharif, M. K., Rizvi, S. S., & Paraman, I. (2014). Characterization of supercritical fluid extrusion processed rice–soy crisps fortified with micronutrients and soy protein. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 414-420.
262. Singh, N. (2014). *Extrusion-Cooking Technology: Applications, Theory and Sustainability* By L. Moscicki. *International Journal of Food Science & Technology*, 49, 308-308.
263. Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(8), 916-929.
264. Siro, I., Kapolna, E., Kapolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review. *Appetite*, 51 (3), 456–467
265. Škrobot, D. (2016). Senzorski, nutritivni i funkcionalni profil integralne testenine sa dodatkom heljdinog brāna. Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. Doktorska disertacija.
266. Sørensen, M., Stjepanovic, N., Romarheim, O. H., Krekling, T., & Storebakken, T. (2009). Soybean meal improves the physical quality of extruded fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 149(1-2), 149-161.
267. Souza, V., Ortiz, J., & Nascimento, E. (2011). Pasting properties of expanded extrudate and pellets from corn flour and rice flour. *Brazil Journal of Food Technology*, 14, 106-114.
268. Spackman, D. H., Stein, W. H., & Moose, S. (1958). Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Analytical Chemistry*, 30, 1190–1206.

269. Spence, C. (2010). The color of wine–Part 1. *The World of Fine Wine*, 28(2010), 122-129.
270. Spence, C. (2015). On the psychological impact of food colour. *Flavour*, 4(1), 1-16.
271. Spinelli, S., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2016). Microencapsulation of extracted bioactive compounds from brewer's spent grain to enrich fish-burgers. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 450-456.
272. Srichuwong, S., Sunarti, T. C., Mishima, T., Isono, N., & Hisamatsu, M. (2005). Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydrate polymers*, 62(1), 25-34.
273. SRPS EN ISO 20483:2014: Žita i mahunjače — Određivanje sadržaja azota i izračunavanje sadržaja sirovih proteina — Metoda po Kjeldalu, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
274. SRPS EN ISO 21528-2:2017: Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja Enterobacteriaceae – Deo 2: Tehnika brojanja kolonija
275. SRPS EN ISO 4833-1:2014: Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama — Deo 1: Brojanje kolonija na 30 °C tehnikom nalivanja ploče
276. SRPS EN ISO 6579-1:2017 (izuzev aneksa D): Horizontalna metoda za otkrivanje, određivanje broja i serotipizaciju Salmonella — Deo 1: Otkrivanje Salmonella spp.
277. SRPS ISO 13730:1999: Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja ukupnog fosfora - Spektrometrijska metoda, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
278. SRPS ISO 1442:1998: Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja vlage (Referentna metoda), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
279. SRPS ISO 1444:1998: Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja slobodne masti, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
280. SRPS ISO 16649-2:2008: Horizontalna metoda za određivanje broja β-glukuronidaza pozitivne Escherichia coli - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija na 44 C pomoću 5-bromo-4-hloro-3-indolil β-D-glukuronida
281. SRPS ISO 21527-2:2011: Horizontalna metoda za određivanje broja kvasaca i plesni - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija u proizvodima sa aktivnošću vode manjom od 0,95 ili jednakom 0,95
282. SRPS ISO 936:1999: Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja pepela, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
283. SRPS ISO 937:1992: Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja azota (referentna metoda), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
284. Steel, C. J., Leoro, M. G. V., Schmieles, M., Ferreira, R. E., & Chang, Y. K. (2012). Thermoplastic extrusion in food processing. *Thermoplastic elastomers*, 265, 411-487.

285. Stojceska, V. (2019). Brewer's Spent Grain From By-Product to Health: A Rich Source of Functional Ingredients. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (pp. 189-198). Academic Press.
286. Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., & İbanog˘lu, S. (2008). The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 469-479.
287. Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., & İbanog˘lu, Ş. (2009). The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products. *Food Chemistry*, 114(1), 226-232.
288. Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). Chapter 7. Affective Testing. In *Introduction to sensory evaluation. Sensory Evaluation Practices (Third Edition)*. Academic Press, San Diego, 1-19.
289. Suitor, C. W., & Murphy, S. P. (2013). Nutrition Guidelines to Maintain Health. In *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease* (pp. 231-247). Academic Press.
290. Sumargo, F., Gulati, P., Weier, S. A., Clarke, J., & Rose, D. J. (2016). Effects of processing moisture on the physical properties and in vitro digestibility of starch and protein in extruded brown rice and pinto bean composite flours. *Food Chemistry*, 211, 726-733.
291. Tacer-Caba, Z., Nilufer-Erdil, D., Boyacioglu, M. H., & Ng, P. K. (2014). Evaluating the effects of amylose and Concord grape extract powder substitution on physicochemical properties of wheat flour extrudates produced at different temperatures. *Food Chemistry*, 157, 476-484.
292. Tarrega, A., & Tarancon, P. (2014). Free-Choice Profile Combined with Repertory Grid Method. In *novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*, (pp. 157-174), Boca Raton.
293. Téllez-Morales, J. A., Herman-Lara, E., Gómez-Aldapa, C. A., & Rodríguez-Miranda, J. (2020). Techno-functional properties of the starch-protein interaction during extrusion-cooking of a model system (corn starch and whey protein isolate). *Lwt*, 132, 109789.
294. Thomas, M., Van Vliet, T., & Van der Poel, A. F. B. (1998). Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. *Animal Feed Science and Technology*, 70(1-2), 59-78.
295. Thymi, S., Krokida, M. K., Pappa, A., & Maroulis, Z. B. (2005). Structural properties of extruded corn starch. *Journal of food engineering*, 68(4), 519-526.
296. Timic, J. B., Kotur-Stevuljevic, J., Boeing, H., Krajnovic, D., Djordjevic, B., & Sobajic, S. (2020). A cross-sectional survey of salty snack consumption among serbian urban-living students and their contribution to salt intake. *Nutrients*, 12(11), 3290.
297. Tomić, N. (2021). *Senzorna analiza hrane*. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

298. Tothi, R., Lund, P., Weisbjerg, M., & Hvelplund, T. (2003). Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evacuation and in situ techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 104, 71-94.
299. USDA. (2020). Dietary Guidelines for Americans 2020 - 2025 (9<sup>th</sup> ed.). [https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2020-12/Dietary\\_Guidelines\\_for\\_Americans\\_2020-2025.pdf](https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2020-12/Dietary_Guidelines_for_Americans_2020-2025.pdf)
300. Van Rossum, C. T. M., Buurma-Rethans, E. J. M., Dinnissen, C. S., Beukers, M. H., Brants, H. A. M., & Ocké, M. C. (2020). The diet of the Dutch: Results of the Dutch national food consumption survey 2012-2016.
301. Vandevijvere, S., Lachat, C., Kolsteren, P., & Van Oyen, H. (2009). Eating out of home in Belgium: current situation and policy implications. *British journal of nutrition*, 102(6), 921-928.
302. Vargas-Solórzano, J. W., Carvalho, C. W. P., Takeiti, C. Y., Ascheri, J. L. R., & Queiroz, V. A. V. (2014). Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. *Food Research International*, 55, 37-44.
303. Vasiljević D. & Đonović N. (2019) Materijal za predmet “Higijena i ekologija”, Fakultet medicinskih nauka u Kragujevcu.
304. Vecchio, R., Van Loo, E. J., & Annunziata, A. (2016). Consumers' willingness to pay for conventional, organic and functional yogurt: evidence from experimental auctions. *International Journal of Consumer Studies*, 40 (3), 368–378.
305. Verma, A.K., Kumar, P., Umaraw, P., Singh P. (2016). Snack food is growing fast. *Journal for meat production, processing and research*, 31, 112-118.
306. Verma, K. (2014). Quality characteristics of value added chicken meat noodles. *Nutrition & Food Sciences* 4
307. Villamiel, M., del Castillo, M.D., & Corzo, N. (2006). 4. Browning reactions. In: Hui, Y.H., Nip, W.K., Nollet, L.M.L., Paliyath, G., Simpson, B.K. (Eds.), *Food Biochemistry and Food Processing*. Wiley-Blackwell, New York, pp. 71-100.
308. Vorster, H. H. (2009). Introduction to human nutrition: a global perspective on food and nutrition. *Introduction to human nutrition*, 1.
309. Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q., & Wang, S. (2015). Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 568-585.
310. Wani, S. A., & Kumar, P. (2016). Influence of different mixtures of ingredients on the physicochemical, nutritional and pasting properties of extruded snacks. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10, 690-700.

311. Wani, S. A., & Kumar, P. (2019). Influence on the antioxidant, structural and pasting properties of snacks with fenugreek, oats and green pea. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 389-395.
312. Waters, D. M., Jacob, F., Titze, J., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2012). Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. *European Food Research and Technology*, 235, 767-778.
313. Weaver, C. M. (2013). Potassium and health. *Advances in Nutrition*, 4(3), 368S-377S.
314. WHO (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO technical report series 916. Geneva, Switzerland. [www.fao.org/docrep/005/AC911E/AC911E00.HTM#Contents](http://www.fao.org/docrep/005/AC911E/AC911E00.HTM#Contents)
315. WHO (2010). Strategies to monitor and evaluate population sodium consumption and sources of sodium in the diet. Report of a joint technical meeting convened by WHO and the government of Canada. World Health Organization, Geneva.
316. WHO (2012). Guideline: Sodium intake for adults and children. World Health Organization, Geneva.
317. WHO (2016). Salt reduction. World Health Organization, Geneva.
318. WHO. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health Organization technical report series, (935), 1.
319. WHO. (2008). Worldwide prevalence of anaemia 1993–2005. WHO Global Database on Anaemia. Geneva., [http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241596657\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241596657_eng.pdf)
320. WHO. (2011). Guideline: intermittent iron and folic acid supplementation in menstruating women. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
321. Wieneke, L., Schmuck, P., Zacher, J., Greenlee, M. W., & Plank, T. (2018). Effects of congruent and incongruent stimulus colour on flavour discriminations. *i-Perception*, 9(2), 2041669518761463.
322. Włodarczyk-Stasiak, M., Mazurek, A., Pankiewicz, U., Sujka, M., & Jamroz, J. (2014). Porosity of starch–proteins extrudates determined from nitrogen adsorption data. *Food Hydrocolloids*, 36, 308-315.
323. Yadav, D. N., Rajan, A., Sharma, G. K., & Bawa, A. S. (2010). Effect of fiber incorporation on rheological and chapati making quality of wheat flour. *Journal of food science and technology*, 47, 166-173.
324. Yağcı, S., & Göğüş, F. (2008). Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. *Journal of Food Engineering*, 86(1), 122-132.
325. Yağcı, S., Altan, A., & Doğan, F. (2020). Effects of extrusion processing and gum content on physicochemical, microstructural and nutritional properties of fermented chickpea-based extrudates. *LWT*, 124, 109150.

- 
326. Younger, K. M. (2009). Dietary reference standards. *Introduction to human nutrition*, 122.
327. Yu, X., Wang, L., Zhang, J., Duan, Y., Xin, G., Tong, L., ... & Wang, P. (2023). Effects of screw speed on the structure and physicochemical properties of extruded reconstituted rice composed of rice starch and glutelin. *Food Structure*, 36, 100313.
328. Zeng, J., Gao, H., Li, G., & Liang, X. (2011). Extruded corn flour changed the functionality behaviour of blends. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(5), 520-527.
329. Zhao, Y., Zhao, C., Tang, X., Zhou, J., Li, H., Zhang, H., & Liu, J. (2021). Physicochemical properties and microstructure of corn flour–cellulose fiber extrudates. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2497-2507.
330. Zheng, H., Yan, G., Lee, Y., Alcaraz, C., Marquez, S., & de Mejia, E. G. (2020). Effect of the extrusion process on allergen reduction and the texture change of soybean protein isolate-corn and soybean flour-corn mixtures. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102421.
331. Zimmermann, M. B., & Hurrell, R. F. (2007). Nutritional iron deficiency. *The lancet*, 370(9586), 511-520.

# **Prilozi**

## Prilog 1 - Saglasnost Etičke komisije Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu



Univerzitet u Novom Sadu  
**NAUČNI INSTITUT  
 ZA PREHRAMBENE  
 TEHNOLOGIJE  
 U NOVOM SADU**

Etička komisija Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu  
**Odluka o prijavi broj: 175/1/9-3**  
 Datum: 13/08/2021. godine

Na osnovu Etičkog kodeksa za rad sa ljudima u okviru istraživanja vezanih za hranu i analitiku podataka i člana 19 Poslovnika o radu Etičke komisije Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Etička komisija u sastavu dr Ljubiša Šarić, dr Anamarija Mandić, dr Marijana Sakač, dr Milica Pojić, dr Jelena Tomić, dr Nataša Čurčić, dr Mladenka Pestić i dr Pavle Jovanov, odlučujući o zahtevu Jovane Delić MSc 175/1/9 od 12/07/2021. godine na III elektronskoj sednici održanoj 12/08/2021. godine dala je

#### SAGLASNOST

Jovani Delić MSc za sprovođenje istraživanja pod nazivom  
**Razvoj ekstrudiranog snek proizvoda unapređenog nutritivnog kvaliteta,  
 formulisanog uz dodatak sirovina animalnog porekla i pivskog tropa**

Istraživanje će se sprovesti na Univerzitetu u Novom Sadu, Novi Sad.

#### OBRAZLOŽENJE

Jovana Delić MSc podnela je zahtev broj 175/1/9 od 12/07/2021. godine u kome se tražila saglasnost za sprovođenje istraživanja pod nazivom **Razvoj ekstrudiranog snek proizvoda unapređenog nutritivnog kvaliteta, formulisanog uz dodatak sirovina animalnog porekla i pivskog tropa**.

Komisija je održala III elektronsku sednicu 12/08/2021. godine na kojoj su razmatrani izveštaji svih članova Etičke komisije koji su odlučivali o prispeloj dokumentaciji koju je kandidat priložio na srpskom jeziku.

Komisija se na osnovu svega dostavljenog (jednoglasno) saglasila sa izradom gorenavedenog istraživanja, smatrajući planirana istraživanja etički korektnim.

Predsednik Etičke komisije,

Dr. Marijana Sakač





## Prilog 2 - Potrošački test

## POTROŠAČKI TEST

Poštovani,

zahvaljujemo Vam se što ste uzeli učešće u ovom istraživanju. U okviru njega, zamolićemo Vas da popunite anketni list, a potom da ocenite koliko Vam se sviđaju proizvodi koje ispitujemo. Istraživanje u kojem učestvujete deo je doktorske disertacije u okviru koje su proizvedeni snek proizvodi ekstrudiranjem smeše kukuruzne krupice, pivskog tropa, mehanički separisanog mesa i pileće jetre. Pivski trop, mehanički separisano meso i pileća jetra su dodati radi poboljšanja nutritivnog kvaliteta snek proizvoda, drugim rečima radi povećanja sadržaja proteina animalnog i biljnog porekla, prehrambenih vlakana i mineralnih materija. Ekstrudati su naknadno začinjani mešavinom palmine masti i komercijalnih smeša začina. Proizvodi ne sadrže aditive. Proizvodi sadrže alergene: ječam (gluten) i proizvode od mleka. Snek proizvodi su razvijeni u pilot postrojenjima Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Ekstrudirani snek proizvodi se u našem žargona populano nazivaju „grickalice“ te će se u anketi i taj termin koristiti.

Uputstvo: Molimo Vas da pratite uputstva i da pre izvođenja testa pažljivo pročitate pitanje i odgovorite na osnovu ličnog utiska o doživljenim senzorskim svojstvima uzorka. Pred vama se nalazi četiri uzorka. Uzorci su označeni trocifrenim brojevima. Molimo Vas da:

- Pažljivo prepisete šifre uzoraka sa kesica.
- Probajte uzorke, jedan po jedan.
- Molimo Vas da ne otvarate istovremeno sve kesice, već jednu po jednu, onako kako ocenjujete proizvode.
- Pri ocenjivanju proizvoda, pravite pauzu između uzoraka, popijte malo vode i odmorite svoja čula.

Vaše mišljenje pomoći će nam da sumiramo podatke o dopadljivosti proizvoda u zavisnosti od navika potrošača i ukazaće nam na moguće pravce njegovog poboljšanja.

Hvala Vam na izdvojenom vremenu!

## ANKETNI LIST

Molimo Vas da pažljivo pročitate i popunite anketni list. Anketa je u potpunosti anonimna, a podaci će se koristiti za potrebe sprovođenja ovog testa i za istraživanja u okviru razvoja snek proizvoda poboljšanog nutritivnog kvaliteta .

Molimo Vas da iz padajućeg menija izaberete odgovor koji se odnosi na Vas ili označite odgovarajući odgovor!

2. Pol \*

Mark only one oval.

- Muški  
 Ženski

4. Obrazovanje \*

Mark only one oval.

- osnovno  
 srednje  
 viša škola  
 fakultet/master  
 doktor nauka

6. Domaćinstvo \*

Mark only one oval.

- bez dece  
 jedno dete  
 dvoje dece  
 više od dvoje dece

3. Starosna grupa \*

Mark only one oval.

- 18-24  
 25-34  
 35-44  
 45-54  
 55-64  
 65-74  
 75+

5. Radni status \*

Mark only one oval.

- student  
 radim povremeno  
 radni odnos sa punim radnim vremenom  
 penzioner  
 nezaposlen

7. Mesečna primanja \*

Mark only one oval.

- <20.000 din  
 21.000-39.000 din  
 40.000-69.000 din  
 > 70.000 din

8. Učestalost konzumiranja slanin snek proizvoda, tzv. "grickalice" (grisine, smoki, čips, flips proizvodi, kokice, krekeri, tortilje)

Mark only one oval.

- Nikad  
 Jednom mesečno  
 Dva puta mesečno  
 Jednom nedeljno  
 Dva-Tri puta nedeljno  
 Pet-Šest puta nedeljno  
 Svaki dan

Označite polje ispod tvrdnje sa kojom se najviše slažete (kolona 1 ukazuje da se \*  
ne slažete sa tvrdnjom koja je napisana, idući ka koloni 5 Vaše slaganje sa  
tvrdnjom je veće)

	1 - potpuno netačno	2	3	4	5 - potpuno tačno
Izbegavam prerađenu hranu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volim da jedem čips	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trudim se da povećam unos prehrambenih vlakana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volim da probam kada se pojavi neka nova vrsta „grickalica“ na tržištu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prilikom odabira hrane važna mi je njena tekstura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Izbegavam hranu koja sadrži aditive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prilikom odabira hrane čitam deklaraciju	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volim hrskave proizvode	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volim da jedem „grickalice“	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volim da jedem začinjenu hranu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preferiram zdravu užinu (voće, jogurt, salata)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trudim se da se hranim zdravo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
„Grickalice“ najčešće jedem van kuće (bar/bioskop/u gostima...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
„Grickalice“ jedem dok gledam TV	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pokušavam da smanjim unos masti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Volim da jedem Smoki	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>





17. Molimo Vas da POREDATE PROIZVODE PO DOPADLJIVOSTI od onog koji vam se najviše sviđa (rang 1) do onog \* koji vam se najmanje sviđa (rang 5).

Mark only one oval per row.

	Rang 1 - Najviše mi se sviđa	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5 - Najmanje mi se sviđa
Uzorak 305	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uzorak 101	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uzorak 488	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uzorak 257	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Na koji način bi ste Vi unapredili (modifikovali) proizvod sa šifrom 305 tako da Vam bude prihvatljiviji?

---



---

19. Na koji način bi ste Vi unapredili (modifikovali) proizvod sa šifrom 101 tako da Vam bude prihvatljiviji?

---



---

20. Da li biste radije kupili neki od ovih proizvoda sa šiframa 305 i/ili 101 ili trenutno popularne komercijalne flips proizvode? \*

---



---

21. Da li biste radije kupili neki od ovih proizvoda sa šiframa 305 i/ili 101 ili trenutno popularne komercijalne flips proizvode, ukoliko znate da proizvodi sa šiframa 305 i/ili 101 sadrže oko 7% dijetetskih vlakana, oko 12% masti i oko 8% proteina, dok trenutno popularni komercijalni flips proizvodi sadrže oko 0-3% dijetetskih vlakana, oko 26-30% masti i 5-12% proteina? Takođe proizvodi sa šiframa 305 i/ili 101 ne sadrže aditive, kao ni soju. \*

---



---

*Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укоричити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.*

## План третмана података

<b>Назив пројекта/истраживања</b>
Развој екструдираниог снек производа унапређеног нутритивног квалитета, формулисаног уз додатак сировина анималног порекла и пивског тропа
<b>Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање</b>
а) Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад б) Универзитет у Новом Саду, Научни институт за прехранбене технологије у Новом Саду в)
<b>Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање</b>
<b>1. Опис података</b>

### 1.1 Врста студије

Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају

Докторска дисертација

### 1.2 Врсте података

**а)** квантитативни

**б)** квалитативни

### 1.3. Начин прикупљања података

**а)** анкете, упитници, тестови

**б)** клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи

**в)** генотипови: навести врсту \_\_\_\_\_

**г)** административни подаци: навести врсту \_\_\_\_\_

**д)** узорци ткива: навести врсту \_\_\_\_\_

**ђ)** снимци, фотографије: Скенирајућа електронска микроскопија, Фотографије уређаја и узорака

**е)** текст: Литература \_\_\_\_\_

**ж)** мапа, навести врсту \_\_\_\_\_

**з)** остало: web садржај \_\_\_\_\_

### 1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

#### 1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

**а)** Excel фајл, датотека **.xlsx** \_\_\_\_\_

**б)** SPSS фајл, датотека \_\_\_\_\_

**в)** PDF фајл, датотека **.pdf** \_\_\_\_\_

**г)** Текст фајл, датотека **.docx** \_\_\_\_\_

**д)** JPG фајл, датотека **.jpg и .tif** \_\_\_\_\_

**е)** Остало, датотека **.stw** (статистички софтвер Statistica 14.0.0.15) и **.dx6** (Design Expert 8.0.4) \_\_\_\_\_

#### 1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

**а)** број варијабли: велики број \_\_\_\_\_

## 2. Прикупљање података



## 2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

### 2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

**а)** експеримент: екструдирање узорака и прикупљање параметара екструдирања, испитивање хемијских, физичких и реолошких параметара напојних смеша и снек производа, антиоксидативна активност, сензорска анализа, потрошачки тест

**б)** корелационо истраживање: Response Surface Methodology и Principal component analysis

**ц)** анализа текста: тумачење добијених резултата, извођење закључака и

поређење са литературним подацима

**д)** остало, навести шта \_\_\_\_\_

### 2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

- Двопужни екструдер модел Bühler BТSK 30/ 28D
- Помично кљунасто мерило
- Mettler Toledo density kit
- Анализатор текстуре ТА-ХТ2 Texture Analyzer
- Колориметар Konica Minolta Chroma Meter
- Реометар HAAKE Mars
- Скенирајући електронски микроскоп ТМ3030
- Automatic Amino Acid Biochrom анализатор
- Спектрофотометар, Multiscan GO
- GC Agilent 7890A систем
- Атомски апсорпциони спектрометар Varian Spectra AAA 10

## 2.2 Квалитет података и стандарди

### 2.2.1. Третман недостајућих података

**а)** Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да **Не**

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

**а)** Колики је број недостајућих података? \_\_\_\_\_

**б)** Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да **Не**

**в)** Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

---

### 2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Квалитет података је контролисан понављањем експерименталних мерења и применом

### 3. Третман података и пратећа документација

### 3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у HaPDUc – Националном репозиторијуму дисертација у Србији и у репозиторијуму Информационог система научне делатности Универзитета у Новом Саду.

3.1.2. URL адреса накнадно \_\_\_\_\_

3.1.3. DOI \_\_\_\_\_

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

а) Да

б) Да, али после ембарга који ће трајати до \_\_\_\_\_

в) Не

Ако је одговор не, навести разлог \_\_\_\_\_

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

---

---

### 3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? \_\_\_\_\_

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

---

---

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

---

#### 4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

##### 4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности ([https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_zastiti\\_podataka\\_o\\_licnosti.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html)) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије?  Да  Не

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање  
Сензорска испитивања су одобрена 13.08.2021. године од стране Етичке комисије Научног института за прехранбене технологије у Новом Саду (Број одлуке 175/И/9-3).

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању?  Да  Не

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

а) Подаци нису у отвореном приступу

б) Подаци су анонимизирани

ц) Остало, навести шта

---

---

#### 5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

---

---

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:

---

---

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

---

**6. Улоге и одговорност**

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

\_\_\_\_\_ Јована Делић, [jovana.delic@fins.uns.ac.rs](mailto:jovana.delic@fins.uns.ac.rs); [delicka91@gmail.com](mailto:delicka91@gmail.com) \_\_\_\_\_

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

\_\_\_\_\_ Јована Делић, [jovana.delic@fins.uns.ac.rs](mailto:jovana.delic@fins.uns.ac.rs); [delicka91@gmail.com](mailto:delicka91@gmail.com) \_\_\_\_\_

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима

\_\_\_\_\_ Јована Делић, [jovana.delic@fins.uns.ac.rs](mailto:jovana.delic@fins.uns.ac.rs); [delicka91@gmail.com](mailto:delicka91@gmail.com) \_\_\_\_\_

