



**Ekstrudirani fleks proizvod sa dodatkom divljeg origana i konzumnog
suncokreta kao funkcionalnih komponenti**

Doktorska disertacija

Mentori:

Dr Dragana Šoronja Simović

Dr Jelena Filipović

Kandidat:

Mr Milenko Košutić

Novi Sad, 2016. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU

TEHNOLOŠKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska teza
Ime i prezime autora: AU	Mr Milenko Košutić, dipl. ing.
Mentor (titula, ima, prezime, zvanje): MN	Dr Dragana Šoronja Simović, docent Dr Jelena Filipović, viši naučni saradnik
Naslov rada: NR	Ekstrudirani fleks proizvod sa dodatkom divljeg origana i konzumnog suncokreta kao funkcionalnih komponenti
Jezik publikacije: JP	Srpski jezik, latinica
Jezik izvoda: JI	Srpski/engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina
Godina: GO	2016
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad
Fizički opis rada: FO	6 poglavlja, 138 stranica, 22 slike, 64 tabele, 121 literaturni navod
Naučna oblast: NO	Biotehnologija
Naučna disciplina: ND	Prehrambeno inženjerstvo
Predmetna odrednica, ključne reči:	Ekstrudiranje, funkcionalni proizvod, divlji origano,

PO	konzumni suncokret
UDK	664.696:635.71+582.998.9]:66.04(043.3)
Čuva se u: ČU	Biblioteka Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu
Važna napomena: VN	Istraživanja obuhvaćena ovom doktorskom disertacijom finansirana su od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije - III 46005
Izvod: IZ	<p>U radu je ispitana mogućnost korišćenja konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana, kao funkcionalnih komponenti za dobijanje fleks proizvoda poboljšanih nutritivnih svojstava.</p> <p>Optimizacijom temperature sušenja (84°C, 105°C, 135°C, 148°C) fleks proizvoda utvrđen je uticaj temperature na: hemijske, fizičke i antioksidativne osobine fleks proizvoda. Na osnovu standardne ocene fleks proizvoda dobijenih na različitim temperaturama sušenja utvrđeno je da najveću standardnu ocenu (0,91) ima fleks proizvod dobijen primenom temperature sušenja od 84°C.</p> <p>Ispitivanjem uticaja različitih količina konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) i divljeg origana (0%, 0,5% i 1%) na fizičke karakteristike fleks proizvoda i utvrđeno je da dodatak konzumnog suncokreta ima negativan uticaj, a suvi ostatak divljeg origana pozitivan uticaj na nasipnu masu i stepen ekspanzije proizvoda. Uzorak bez konzumnog suncokreta i sa 1% origana ima najbolje fizičke karakteristike, minimalnu nasipnu masu od 150,2 gml⁻¹ i maksimalan stepen ekspanzije 9,36 mlg⁻¹.</p> <p>Dodatak konzumnog suncokreta uticao je na promene u masnokiselinskom sastavu proizvoda. Uzorci sa 9% konzumnog suncokreta imaju manji sadržaj palmitinske (C16:0) i linolenske (C18:3) kiseline za 15%, odnosno 60% u odnosu na uzorke bez dodatka suncokreta. U pomenutim uzorcima je povećan sadržaj stearinske (C18:0) za 15% i oleinske kiseline (C18:1) za 25%.</p> <p>Dodatak funkcionalnih komponenti u sirovinski sastav fleks proizvoda povećava sadržaj fenola dva puta, pri čemu maksimalna sadržaj fenola 2,84 mg GAE/g s.e. ima uzorak sa 9% konzumnog suncokreta i 1% suvog ostatka divljeg origana. Pomenuti uzorak karakteriše i maksimalna antiradikalna aktivnost ekstrakata izražena preko parametara 1/IC₅₀ 0,75 mg/ml i FRAP 1,57 µg AAE/g s.e</p> <p>Konzumni suncokret u sirovinskom sastavu fleks proizvoda je poboljšao iskorišćenje, odnosno</p>

	<p>svarljivosti proteina i sadržaj esencijalnih mineralnih materija. Dodatkom 9% suncokreta i 1% divljeg origana dobijen je maksimalan sadržaj Zn 9,26 mg/kg, Cu 4,12 mg/kg, Mg 261,87 mg/kg i Fe 12,03 mg/kg.</p> <p>Procesom ekstrudiranja, takođe, je došlo do poboljšanja mikrobioloških parametara kvaliteta proizvoda jer se značajno se smanjio ukupan broj mikroorganizama, broj kvasaca i plesni i mikroorganizama iz familije <i>Enterobacteriaceae</i>.</p> <p>Na osnovu rezultata potrošačkog testa za ispitvanje dopadljivosti proizvoda, utvršeno je da dodatak suvog ostatka divljeg origana ima pozitivan efekat na opštu prihvatljivost fleks proizvoda od strane potrošača, dok dodatak konzumnog suncokreta negativno utiče na ukus, miris, osobine pri žvakanju i opšta prihvatljivost.</p> <p>Rezultati eksperimentalnog rada su pokazali da se dodatkom konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana dobija fleks proizvod sa povećanom sadržajem funkcionalnih komponenata koji je dopadljiv potrošačima.</p> <p>Istraživanja u okviru ove disertacije su ukazala da bi funkcionalni fleks proizvod sa dodatkom divljeg origana i konzumnog suncokreta bolje prihvatili potrošači stariji od 35 godina, visoko obrazovani i sa većim primanjima. Međutim, i dalje je prisutan izvestan stepen nepoverenja potrošača, pa je neophodno sprovoditi kontinuiranu edukaciju o zdravstvenim prednostima upotrebe funkcionalnih proizvoda u ishrani.</p>
Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP	03. 03. 2016.
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: (ime i prezime/titula/zvanje/naziv organizacije/status) KO	<p>dr Zita Šereš, vanredni profesor, Tehnološki fakultet Novi Sad, predsednik</p> <p>dr Dragana šoronja-Simović, docent, Tehnološki fakultet Novi Sad, mentor</p> <p>dr Jelena Filipović, viši naučni saradnik, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, mentor</p> <p>dr Srđan Šeremešić, docent, Poljoprivredni fakultet, član</p>

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TECHNOLOGY

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph.D. Thesis
Author: AU	Mr Milenko Košutić
Mentor: MN	Dragana Šoronja Simović, Ph.D. Assistant Professor Jelena Filipović, Ph.D. Research Associate
Title: TI	Ekstrudirani fleks proizvod sa dodatkom divljeg origana i konzumnog suncokreta kao funkcionalnih komponenti
Language of text: LT	Serbian language, latin
Language of abstract: LA	serbian/english
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	AP Vojvodina
Publication year: PY	2016
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad
Physical description: PD	6 chapters, 138 pages, 22 figures, 64 tables, 121 refernces
Scientific field: SF	Biotechnology
Scientific discipline: SD	Food Technology
Subject, Key words: SKW	Extrusion, functional product, wild oregano, confectionery sunflower
UC	664.696:635.71+582.998.9]:66.04(043.3)

Holding data: HD	Library of the Faculty of Technology, University of Novi Sad
Note: N	Research in this thesis was funded by Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia III 46005
Abstract: AB	<p>The paper examined the possibility of using consumable sunflower and dry extract of wild oregano, as functional components of obtaining a flex product of improved nutritional properties. By optimizing the drying temperature (84°C, 105°C, 135°C, 148°C) of the flex product, the effect of temperature was determined on: chemical, physical and antioxidant properties of flex products. On the basis of the standard assessment of flex products obtained at different drying temperatures it was determined that the highest standard rating (0.91) belongs to flex product prepared using the drying temperature of 84°C.</p> <p>By examining the influence of different amounts of consumable sunflower (3%, 6% and 9%) and wild oregano (0%, 0.5% and 1%) on the physical characteristics of flex products, it has been found that the addition of consumable sunflower has a negative impact, and a dry residue of wild oregano positive impact on the bulk weight and degree of expansion of the product. The sample free of consumable sunflower and with 1% of oregano has the best physical characteristics, minimal bulk weight of 150.2 gml⁻¹ and a maximum degree of expansion of 9.36 mlg⁻¹.</p> <p>The addition of consumable sunflower influenced the changes in fatty acid composition of the product. Samples with 9% of consumable sunflower have lower content of palmitic (C16:0) and linolenic (C18:3) acid by 15% and 60% compared to the samples without the addition of sunflower. In the above samples there was an increased content of stearic acid (C18: 0) by 15% and oleic acid (C18:1) by 25%.</p> <p>The addition of functional components in the raw material composition of flex product increases phenol content twice, where the maximum phenol content of 2.84 mg GAE/g s.e. is found in the sample with 9% of consumable sunflower seed, and 1% of dry extract of wild oregano. The aforementioned sample is characterized also by a maximum antiradical activity of extracts expressed via parameters 1/1C₅₀ 0.75 mg / ml and FRAP 1.57 µg AAE/g s.e.</p> <p>Consumable sunflower in the raw material composition of flex products improved the utilization the digestibility of proteins and essential mineral substances content. By the addition of 9% of sunflower and 1% of wild oregano, we obtained the maximum content of Zn, 9.26 mg/kg, Cu 4.12 mg/kg, Mg 261.87 mg/kg and Fe 12.03 mg/kg. Extrusion process, also, led to an improvement in microbiological</p>

	<p>parameters of quality of the product because it significantly reduced the total number of microorganisms, yeasts and molds and microorganisms from the family of <i>Enterobacteriaceae</i>.</p> <p>Based on the results of the test for examining consumer appeal of the product, it has been established that the addition of dry extract of wild oregano has a positive effect on the general acceptability of flex products by consumers, while the addition of consumable sunflower adversely affects the taste, the smell, the properties in chewing and general acceptability.</p> <p>The results of the experimental work showed that the addition of consumable sunflower and dry extract of wild oregano resulted in the flex product with increased content of functional components that is appealing to consumers.</p> <p>The research within this thesis pointed out that a functional flex product with the addition of wild oregano and consumable sunflower would be better accepted by consumers older than 35, highly educated and with higher incomes. However, there is still a certain degree of mistrust of consumers, so it is necessary to implement continuous education about the health benefits of the use of functional products in diet.</p>
Accepted on Senate: AS	03. 03. 2016.
Defended: DE	
Thesis Defend Board DB	<p>Zita Šereš, Ph.D., Associate Professor, Faculty of Technology, Novi Sad, president</p> <p>Dragana Šoronja-Simović, Ph.D., Assistant Professor, Faculty of Technology, Novi Sad, mentor</p> <p>Jelena Filipović, Ph.D., Senior Research Associate, Institute of Food Technology, Novi Sad, mentor</p> <p>Srđan Šeremešić, Ph.D., Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Novi Sad, member</p>

SADRŽAJ

	strana
1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1 Ekstrudiranje	3
2.1.1 Konstrukcija i princip rada ekstrudera	4
2.2 Uticaj ekstrudiranja na hemijske komponente ekstrudata	8
2.2.1 Uticaj ekstrudiranja na proteine	8
2.2.2 Uticaj ekstrudiranja na ugljene hidrate	10
2.2.3 Uticaj ekstrudiranja na lipide	12
2.2.4 Uticaj ekstrudiranja na vitamine	12
2.2.5 Uticaj ekstrudiranja na mineralne materije	13
2.2.6 Uticaj ekstrudiranja na bioaktivne komponente hrane	14
2.3 Prednosti i nedostaci ekstrudiranja	15
2.4 Vrste ekstrudiranih proizvoda	17
2.4.1 Proizvodnja fleks proizvoda	17
2.4.1.1 Kukuruzno brašno	18
2.4.1.2 Fizičke karakteristike fleks proizvoda	29
2.5 Funkcionalna hrana	20
2.6 Funkcionalni dodaci	21
2.6.1 Izvori antioksidanasa	21
2.6.2 Konzumni suncokret	23
2.6.3 Divlji origano	24
2.6.4 Sporedni proizvodi u proizvodnji hrane	25

2.7	Proizvodi na bazi žita sa funkcionalnim karakteristikama	26
2.8.	Stav potrošača prema funkcionalnoj hrani	27
3.	EKSPERIMENTALNI DEO	28
3.1	Materijal	28
3.1.1	Kukuruzno brašno	28
3.1.2	Konzumni suncokret	29
3.1.3	Divlji origano (suvi ostatak)	29
3.1.4	Ostale sirovine	30
3.2.	Metodi rada	30
3.2.1	Hemijski metodi	30
3.2.1.1	Sadržaj vlage kukuruza i fleks proizvoda	30
3.2.1.2	Sadržaj proteina	31
3.2.1.3	Sadržaj skroba	31
3.2.1.4	Sadržaj ukupnih šećera	31
3.2.1.5	Sadržaj lipida	31
3.2.2	Plan eksperimenta	32
3.2.3	Postupak izrade fleks proizvoda	33
3.2.4	Definisanje fizičkih karakteristika fleks proizvoda	35
3.2.4.1	Tekstura	35
3.2.4.2	Stepen ekspanzije	35
3.2.4.3	Nasipna masa	36
3.2.4.4	Boja	36
3.2.5	Definisanje promena na skrobu	37
3.2.6	Određivanje sadržaja mineralnih materija	39
3.2.7	Određivanje aminokiselinskog sastava	39

3.2.7.1	Vrednovanje kvaliteta proteina	39
3.2.7.2	Indeks rastvorljivog azota	40
3.2.8	Određivanje sastava masnih kiselina	40
3.2.9	Određivanje antioksidativne vrednosti	42
3.2.9.1	Određivanje sadržaja ukupnih fenola	42
3.2.9.3	Određivanje skevindžer aktivnosti - DPPH metod	42
3.2.9.4	Određivanje ukupne antioksidativne aktivnosti - FRAP metod	43
3.2.10	Mikrobiološka ispitivanja	44
3.2.10.1	Određivanje broja kvasaca i plesni	44
3.2.10.2	Određivanje ukupnog broja mikroorganizama	44
3.2.10.3	Određivanje sadržaja <i>Enterobacteriaceae</i>	45
3.2.11	Potrošački test	46
3.2.12	Ispitivanje stava potrošača	46
3.2.13	Statistička obrada podataka	47
3.2.13.1	Deskriptivna analiza	47
3.2.13.2	Regresiona analiza	48
3.2.13.3	Metod odzivne površine	49
3.2.13.4	Metod standardne ocene - "Score" analiza	50
4.	REZULTATI I DISKUSIJA	52
4.1	Definisanje optimalne temperature sušenja fleks proizvoda	52
4.1.1	Uticaj temperature sušenja na fizičke karakteristike fleks proizvoda	53
4.1.2	Uticaj temperature sušenja na hemijske karakteristike fleks proizvoda	54
4.1.3	Uticaj temperature sušenja na boju fleks proizvoda	57
4.1.4	Uticaj temperature sušenja na sastav masnih kiselina fleks proizvoda	58
4.1.5	Uticaj temperature na antioksidativnost fleks proizvoda	59

4.1.6	Optimizacija temperature sušenja	60
4.2	Uticaj funkcionalnih komponenti na reološke osobine kukuruznog brašna	62
4.3	Karakteristike fleks proizvoda sa dodatkom funkcionalnih komponenti	68
4.3.1	Fizičke karakteristike fleks proizvoda	68
4.3.2	Boja fleks proizvoda	75
4.3.3	Hemijski sastav fleks proizvoda	81
4.3.4	Definisanje funkcionalnih svojstava fleks proizvoda	86
4.3.4.1	Antioksidativna vrednost fleks proizvoda	86
4.3.4.2	Sadržaj mineralnih materija fleks proizvoda	90
4.3.4.3	Sastav masnih kiselina fleks proizvoda	94
4.3.4.4	Kvalitet proteina fleks proizvoda	99
4.3.5	Mikrobiološki kvalitet fleks proizvoda	111
4.3.6	Ispitivanje stava potrošača o prihvatljivosti fleks proizvoda	112
4.3.7	Optimizacija sirovinskog sastava funkcionalnog fleks proizvoda	116
4.4	Definisanje nivoa znanja potrošača o značaju funkcionalne hrane	118
5.	ZAKLJUČAK	124
6.	LITERATURA	128

1. UVOD

Žita se gaje na više od 73% poljoprivrednog zemljišta, a najzastupljenije kulture žita po proizvodnji i površinama koje zauzimaju su pšenica, kukuruz i pirinač. Hemijski sastav žita dominantno čine ugljeni hidrati (skrob), znatno manje je ostalih hranljivih materija (proteina, masti, minerala i vitamina). Pored hranljivih materija u sastavu punog zrna prisutna su i prehrambena vlakna koja imaju značajnu ulogu u prevenciji masovnih nezaraznih bolesti (Todorov, Holzapfel, 2015).

Proizvodi od žita obezbeđuju neophodne hranjive materije i energiju organizmu i predstavljaju osnovnu hranu populacija širom sveta (Shahidi, Chandrasekara, 2015). Pomenuti proizvodi zauzimaju značajno mesto u konceptu pravilne ishrane i čine bazu piramide, odnosno osnovu obroka. Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, WHO) preporučuje da više od polovine dnevno potrebne energije obezbedi iz pomenute grupe proizvoda.

Podizanje svesti potrošača o značaju nutritivnog sastava prehrambenih proizvoda za očuvanjem zdravlja uticala je i na povećanje inovativnosti prehrambene industrije. Danas je prehrambena industrija sve više usmerena ka poboljšanju kvaliteta, kao i zdravstvenoj bezbednosti proizvoda. Hrana mora da obezbedi ne samo hranjive materije, već i da spreči određene bolesti i poboljša fizičko i mentalno blagostanje potrošača.

Pored neospornog značaja za farmaceutsku industriju, prirodni proizvodi biljaka nalaze široku primenu u proizvodnji dijetetskih suplemenata i funkcionalne hrane koja, pored zadovoljavajućih nutritivnih svojstava, ispoljava i određene farmakološke i fiziološke efekte na ljudsko zdravlje, što je od velikog značaja u prevenciji bolesti savremenog čoveka.

Potreba da se ispita mogućnost primene konzumnog suncokreta kao i sporednog proizvoda, koji nastaje nakon destilacije ulja iz divljeg origana nastala je kao rezultat odgovora na sve izraženije zahteve za potpunijom valorizacijom sirovina i sporednih

proizvoda sa funkcionalnim komponentama. Pomenute sirovine predstavljaju dobre izvore esencijalnih aminokiselina, mineralnih materija i antioksidanasa.

S obzirom da ekstrudirani proizvodi na bazi žita zauzimaju značajno mesto u savremenoj ishrani, oni predstavljaju pogodne nosioce funkcionalnih komponenti. Ukoliko se obogate funkcionalnim komponentama dobijaju se ekstrudirani proizvodi poboljšanog nutritivnog sastava, koji mogu biti korisni u regulaciji određenih poremećaja zdravlja.

Uprkos činjenici da ekstrudirani proizvodi na bazi žita predstavljaju odličnu osnovu za ugradnju različitih funkcionalnih dodataka, pregledana literatura ne potvrđuje da je do sada ispitivana mogućnost primene konzumnog suncokreta i divljeg origana u izradi ekstrudiranih proizvoda od kukuruza. Evidentni su jedino podaci da je konzumni suncokret izvor esencijalnih aminokiselina (prvenstveno lizina) i masnih kiselina (linolna), a da divlji origano predstavlja moćan antioksidans.

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije je optimizacija procesnih parametara izrade funkcionalnog ekstrudiranog fleks proizvoda poboljšanog nutritivnog profila i odgovarajućih fizičko-hemijskih karakteristika.

Odgovarajući kvalitet i očuvanje antioksidativne vrednosti ekstrudiranog proizvoda obezbediće se definisanjem optimalne temperature sušenja tokom proizvodnje fleks proizvoda. Određivanjem viskoziteta tokom želatinizacije i retrogradacije kukuruznog brašna definisaće se promene u strukturi skroba tokom ekstrudiranja.

Analizom rezultata ispitivanja uticaja konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana, kao i njihove interakcije na fizičke, nutritivne i senzorske parametre kvaliteta, kao i funkcionalne karakteristike proizvoda optimiziraće se količina pomenutih funkcionalnih dodataka.

Ispitivanjem potrošača različitih sociodemografskih karakteristika (starost, obrazovanje i visina primanja) utvrdiće se njihov stav prema funkcionalnim proizvodima na bazi žita i definisati nivo svesti potrošača o značaju pomenute grupe proizvoda u ishrani. Time će se sagledati i realne mogućnosti za valorizaciju novoformulisanog funkcionalnog fleks proizvoda na domaćem tržištu.

2. PREGLED LITERATURE

2.1 EKSTRUDIRANJE

Ekstrudiranje je termički postupak obrade koji se primenjuje u cilju poboljšanja nutritivnih, higijenskih i fizičko-hemijskih karakteristika sirovine (Filipović i sar., 2003). To je tehnološki postupak u kome se realizuju mehaničke, toplotne, difuzione i hemijske operacije, pri čemu se od prehrambenih sirovina dobijaju novi proizvodi specifične strukture i željenih funkcionalnih osobina (Babić i Babić, 1998). Tehnologija ekstrudiranja je veoma rasprostranjena u plastičnoj industriji, ali je sada postala i široko primenjena u agro-prehrambenoj procesnoj industriji, gde se još naziva i ekstruziono kuvanje (Mościcki i Zuilichem, 2011).

Ekstrudirani proizvodi se u zavisnosti od namene dele na:

- Ekstrudate za ljudsku hranu
- Ekstrudate za hranu za životinje
- Ekstrudate koji predstavljaju funkcionalne dodatke

Zahvaljujući visokim temperaturama i kratkom vremenu delovanja, ekstruziono kuvanje pokazuje prednosti u odnosu na druge tehnike prerade hrane u uslovima kontinuiranog procesa, visoke produktivnosti i značajnog zadržavanja nutritivnih svojstava hrane (Guy, 2001).

Ekstruziono kuvanje je jedan od najčešće primenjivanih termičkih tretmana za obradu sirovina ugljenohidratnog porekla, a u tehnologiji konditorskih proizvoda je zamenilo niz klasičnih tehnoloških postupaka za izradu različitih proizvoda (Berrios i sar. 2010; Singh i sar. 2014). Proces ekstrudiranja se razlikuje u zavisnosti od procesnih parametara (temperature, pritiska, napona smicanja), tabela 2.1.

Tabela 2.1 Procesni parametri različitih vrsta ekstrudiranja

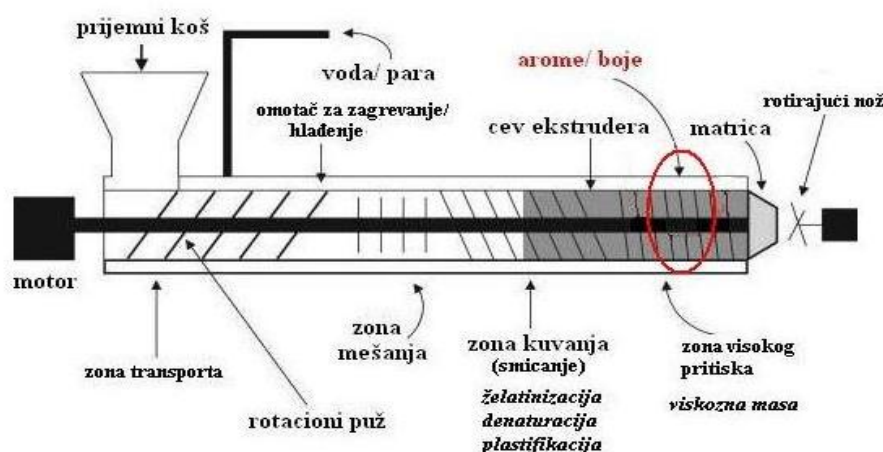
Procesni parametri	Hladno ekstrudiranje	Ekstrudiranje uz želatinizaciju skroba	Toplo ekstrudiranje (HT/ST) - postupak
Temperatura	40-75 ⁰ C	70-120 ⁰ C	130-200 ⁰ C
Pritisak	5-9 MPa	8-13 MPa	12-15 MPa

HT/ST-visoka temperatura/kratko vreme (high temperature / short time)

Ekstrudiranje kombinuje nekoliko pojedinačnih operacija koje uključuju mešanje, kuvanje, gnječenje, smicanje i oblikovanje, a uslovi u pojedinačnim operacijama pružaju velike mogućnosti primene. Jedna velika prednost ekstruzionog kuvanja je sposobnost proizvodnje široke palete gotovih proizvoda sa minimumom procesuiranja i korišćenja jeftinih sirovina (Riaz, 2000).

2.1.1 Konstrukcija i princip rada ekstrudera

Ekstruderi su uređaji kod kojih operativno telo čine jedan ili dva puža smeštenih, unutar zatvorene konstrukcije (obloge), sl. 2.1 u kojima se odvija barotehnički proces (pritisci do 20 MPa i temperatura do 200⁰C) (Mościcki, Zuilichem, 2011).

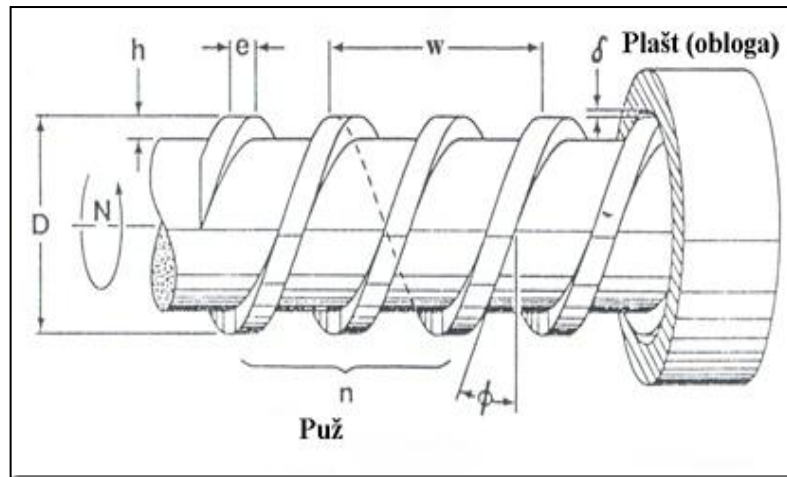


Slika 2.1 Delovi jednopužnog ekstrudera i zone procesa

(<http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/ekstrudiranje-u-prehrambenoj-industriji>)

Na ulazu obloge sa pužem je usipni koš sa materijalom koji se ekstrudira, a na suprotnom kraju su matrica sa jednim ili više otvora različitih oblika i dimenzija i rotirajući nož.

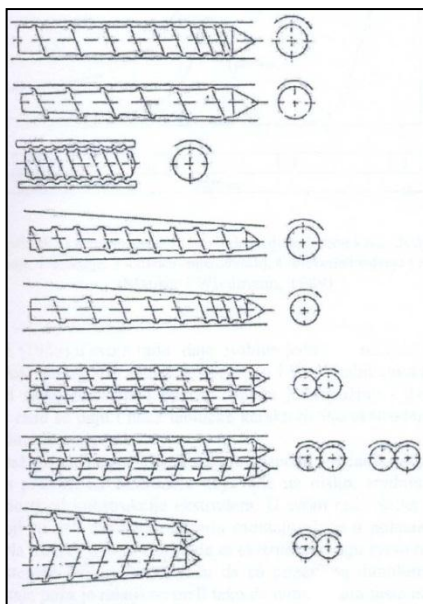
Na slici 2.2 prikazani su najbitniji parametri za dimenzionisanje puža ekstrudera: korak zavojnice (w), visina zavojnice ili žljeba (h), zazor između plašta i zavojnice puža (δ), prečnik puža – (D), korak zavojnice – (t), aksijalna debljina vrha zavojnice – (e), ugao zavojnice puža (zavisi od prečnika puža i koraka zavojnice), i broj obrtaja puža – (N u min).



Slika 2.2 Geometrija puža ekstrudera (Meuser, Wiedmann, 1989)

Geometrija puža ekstrudera može biti veoma različita. Kod nekih konstrukcionih rešenja karakteristična je promena koraka zavojnice puža, kod drugih promena zazora između pužnice i spoljnog plašta, a kod trećih promena dubine hoda koja je najčešće u kombinaciji sa smanjivanjem koraka zavojnice (Meuser, Wiedmann, 1989). Na slici 2.3 prikazani su karakteristični oblici i položaj jednog ili dva puža unutar obloge ekstrudera.

Na pužu najčešće se mogu razlikovati tri zone: 1. *zona hranjenja* kod koje je relativno velika visina zavojnice, 2. *zona transporta* u kojoj se postepeno smanjuje visina zavojnice i 3. *potisna zona* (ili *zona kuvanja*) u kojoj su visina i korak zavojnice najmanji. U zoni hranjenja zavojnica puža obezbeđuje dotok materijala iz usipnog koša, slika 2.1. U transportnoj zoni zavojnice na pužu komprimuju praškastu sirovinu i dalje je plastifikuju, a u potisnoj zoni konstrukcija puža treba da omogući velike brzine smicanja i velik pritisak.



Slika 2.3 Osnovni oblici puževa (Harper, 1989)

Odnos dužine puža prema prečniku kao i dužina svake zone definišu zapreminu materijala unutar ekstrudera u kojoj se odvijaju određene promene (Filipović, Sakač, 2013a). Unutar plašta, rastojanje između zavojnice i zida obloge je malo i sirovina koja ispunjava slobodan prostor igra ulogu podmazivača između dve površine. Obloga ekstrudera može da se hladi ili da se zagreva po određenim zonama (Harper, 1989).

Matrica na izlaznom kraju ekstrudera sabija materijal koji se ekstrudira i reguliše njegov protok. Poprečni presek otvora matrice oblikuje presek ekstrudata (Filipović, Sakač, 2013a).

Ekstruderi sa jednim pužem, slika 2.1, imaju uže područije primene, jer mogu da prerađuju samo sipke sirovine kao što su griz, brašno, drobljeni materijal (Meuser, Wiedmann, 1989).

Dvopužni ekstruderi slika 2.4, se sastoje od dva paralelna puža smeštena unutar obloge. Konstrukcija, međusobni položaj i smer obrtanja puževa, slika 2.3, pružaju velike mogućnosti kombinovanja obezbeđujući specifičnije radne parametre (Riaz i sar., 2007).

Dvopužni ekstruderi su našli primenu u proizvodnji ekstruziono kuvane hrane i hrazbog njihove velike prilagodljivosti procesuiranju najrazličitijih materijala, od viskoznih do teško lomivih, niske potrošnje energije i velike mogućnosti proširenje asortimana proizvoda (Mościcki, Zuilichem, 2011).

Savremeni dvopužni ekstruderi, su dizajnirani tako da sirovina može biti dozirana u ekstruder sa više dozera, na različitim lokacijama duž obloge. Savremene konstrukcije pružaju mogućnost montiranja nekoliko različitih elemenata (tzv. "suzivača") na puž. Njihova funkcija je uspostavljanje bolje kontrole transporta, mešanja, kompresije i stapanja (plastifikacije) materijala koji se ekstrudira (Mościcki, Zuilichem, 2011).



Slika 2.4 Dvopužni ekstruder Twin screw extruder (<http://www.chinafuer.com/en/proshow.asp?id=72>)

U zavisnosti od konstrukcije ekstrudera i procesnih parametara na materijalu se može ostvariti niz fizičkih i hemijskih promena kao što su: mlevenje, hidratacija, rezanje, mešanje, disperzija, sabijanje, želatinizacija skroba, denaturacija proteina, imobilizacija antinutritivnih materija, poželjne hemijske reakcije, ekspanzija, spajanje čestica, formiranje porozne strukture, sečenje i sterilizacija (Bekrić i sar., 1996).

Proces ekstrudiranja je veoma zastupljen u proizvodnji „Ready-to-Eat“ (RTE) žita i snack proizvoda, zbog pogodnosti uticaja ovog procesa na nutritivne sastojke žita. Stvaraju se visoko ekspanzirani proizvodi sa velikim brojem raznih oblika i tekstura i ceo proces

kuvanja i formiranja oblika se odvija u jednom procesnom koraku (Kukić, 1999; Bhandari i sar., 2001).

Ekspandirani proizvodi nastaju pri velikim brzinama smicanja, visokim temperaturama ($> 150^{\circ}$) i velikom pritisku unutar ekstrudera (>12 Mpa). U ovim uslovima praškaste sirovine žita (brašno i griz) prevode se u viskoelastične materije, a stepen transformacije sem navedenih radnih parametara, zavisi od polaznog sadržaja vlage ulazne sirovine. Kada sirovina u obliku fluida izađe kroz matricu ekstrudera dolazi do naglog oslobađanja pritiska pregrejane pare što uslovljava veliko povećanje zapremine usled isparavanja vode iz materijala. Porast zapremine prestaje hlađenjem ekspandiranog ekstrudata, a viskoelastični materijal očvršćava kako usled hlađenja, tako i usled gubitka vlage. U zavisnosti od stepena očvršćavanja, ekstrudat zadržava, svoj povećan volumen, koji je nastao ekspanzijom, (Kukić, 1999; Filipović i Sakač, 2013a).

2.2 UTICAJ EKSTRUDIRANJA NA HEMIJSKE KOMPONENTE EKSTRUDATA

Ekstruzija se sprovodi na velikom broju sirovina koje se koriste u raznim prehrambenim tehnologijama. U toku ekstrudiranja, sirovina se izlaže visokoj temperaturi, usled procesa trenja u veoma kratkom vremenskom intervalu, pri čemu dolazi do redukcije antinutritivnih materija, kao i do mnogih fizičko-hemijskih promena u samoj sirovini (Filipović i Sakač, 2013a).

2.2.1 Uticaj ekstrudiranja na proteine

U cilju održavanja normalnog sastava i funkcionisanja tela, kao i održavanja zdravlja, tokom celog životnog veka neophodno je obezbediti prehrambene namirnice odgovarajućeg kvaliteta. Metaboličke potrebe za aminokiselinama i proteinima zavise od njihovog učešća u biohemijskim putevima kojima se gradi struktura i održava funkcija tela.

Za pravilno vrednovanje proteina u prehrambenim proizvodima neophodno je poznavanje njegovog aminokiselinskog sastava. Proteini su organski polimeri 22 amino kiseline. Izoleucin, leucin, lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan i valin se smatraju esencijalnim aminokiselinama (FAO/WHO/UNU, 2002). Ocnom kvaliteta proteina

procenjuje se u kojoj meri protein zadovoljava metaboličke potrebe u esencijalnim aminokiselinama u proteinskom izvoru (sirovina, proizvod, obrok) (FAO/WHO/UNU, 2002). U humanoj ishrani kukuruz, pšenica, pirinač i u manjem procentu soja, su glavni izvori biljnih proteina. Soja je najznačajniji izvor biljnih proteina u hrani za životinje. Nutritivna vrednost proteina zavisi od količine, svarljivosti i dostupnosti esencijalnih aminokiselina. Prema FAO/WHO/UNU (2002) svarljivost se smatra najznačajnijim faktorom kvaliteta proteina u ishrani. Ispitivanja svarljivosti proteina u ekstrudiranoj hrani za životinje su pokazala da je ona viša u odnosu na neekstrudirane smeše, što je posledica denaturacije proteina i inaktivacije antinutritivnih faktora (Filipović i Sakač, 2013a).

U barotermičkim uslovima ekstrudiranja struktura proteina se menja. Proteini se denurišu, pri čemu se primarne veze koje povezuju aminokiseline ne raskidaju, ali se raskidaju veze koje povezuju molekule polipeptidnih lanaca proteina u prostornom rasporedu (lamelarnom ili globularnom). Termička denaturacija je uzrok inaktivacije nepoželjnih enzima (ureaza, tripsin inhibitor) prisutnih u sirovini koja se ekstrudira što doprinosi povećanoj svarljivosti proteina i od posebnog značaja je kad je u pitanju soja (Singh i sar., 2000).

Prednost ekstruzionog kuvanja je uništavanje antinutritivnih faktora, koji inhibiraju svarljivost proteina posebno tripsin inhibitora, hemaglutinina, tanina i fitata. Filipović i Psodorov (2013) navode da su ključni faktori destrukcije tripsin inhibitora: temperatura ekstrudiranja, vreme zadržavanja materijala u pužu i sadržaj vlage početne smeše.

Tokom ekstrudiranja registrovana je termička razgradnja aminokiselina. Lizin predstavlja deficitarnu esencijalnu aminokiselinu u proizvodima na bazi žita (FAO/WHO/UNU, 1991) koji čine većinu ekstrudiranih proizvoda, te je zadržavanje lizina tokom ekstruzionog procesa od posebne važnosti. Lizin je istovremeno i najreaktivnija aminokiselina u Maillardovim reakcijama jer u svojoj strukturi ima dve raspoložive amino grupe, a ove reakcije se odvijaju između slobodnih amino grupa proteina i karbonilnih grupa redukujućih šećera na temperaturama višim od 180°C i pri nižim sadržajima vlage ulazne sirovine (<15%).

Nutritivna vrednost se može utvrditi na osnovu količine i sastava proteina i esencijalnih aminokiselina. *Score* aminokiselina je pokazatelj efikasnosti iskorišćenja proteina u hrani i predstavlja odnos sadržaja esencijalne aminokiseline u ispitivanom

proteinu i potreba određene kategorije potrošača. Najniža vrednost scora definiše limitirajuću aminokiselinu. Potrebe se razlikuju zavisno od godina (starost), pola, fiziološkog stanja (trudnoća, laktacija), načina života (naročito fizička aktivnost, pušenje), stresa (FAO, 2012).

Sem redukcije sadržaja lizina, u ekstrudiranim proizvodima registrovano je i smanjenje sadržaja drugih aminokiselina: cisteina, asparaginske kiseline, tirozina i arginina koje reaguju u procesu nastajanja akrilamida na temperaturama višim od 120°C (Filipović i Sakač, 2013a).

2.2.2 Uticaj ekstrudiranja na ugljene hidrate

Pirinač, pšenica i kukuruz su glavni izvori skroba u ljudskoj ishrani i najzastupljenije sirovine za proizvodnju ekstrudiranih proizvoda. Skrobne žitarice obezbeđuju najveći deo energije u ishrani većine ljudi, naročito za one koji žive u manje razvijenim državama, te su studije o ekstruzionim efektima na skrob veoma značajne. Skrob je polisaharid koji se sastoji od monomera glukoze povezanih u dugačke lance koji grade dva tipa molekula: amilozu i amilopektin. Amiloza (uslovno linearni) se u žitima nalazi prosečno u količini od 20-30% u odnosu na ukupnu količinu nativnog skroba, što zavisi od vrste sirovine. Amilopektin je glavna komponenta skroba (oko 75%). Ova dva tipa molekula unutar skrobnih granula biljaka, različito se ponašaju prilikom kuvanja i formiranja gela.

Kod ekstrudiranja, molekuli amiloze i amilopektina doprinose formiranju gela i viskoznosti materijala. Skrob koji je sastavljen od čvrsto zbijenih glukoznih jedinica u amilozi i amilopektinu ima mali kapacitet apsorbovanja vode, a u postupku ekstrudiranja čestice skroba nabubre, menja se njihova rastvorljivost u hladnoj vodi i smanjuje se viskozitet. Proces ekstruzije praćen je brзом ekspanzijom ("vlažan" postupak) i ima za posledicu ekspanziju i želatinizaciju granula skroba uz trenutno odvajanje lanaca makromolekula skroba. Molekulska masa amiloze i amilopektina se redukuje ekstrudiranjem. Konfiguracijom puža i radnim temperaturama može se uticati na željeni tok promena na skrobu. U proizvodu se menja sadržaj šećera i menjaju se reološke osobine povećavajući na taj način svarljivost i iskoristljivost polaznih sirovina jer ljudi i drugi monogastrični organizmi (čiji se

stomak sastoji od jedne pregrade) ne mogu lako da svare neželatinizirani skrob (Filipović, Sakač, 2013a).

Za proces ekstrudiranja je karakteristično da se želatinizacija skroba odvija u uslovima niskog sadržaja vlage materijala (12-22%). U proizvodnji fleks proizvoda, ekstrudiranjem se formira proizvod sa delimično želatiniziranim skrobom, a u naknadnom termičkom tretmanu (prženje, tostiranje ili pečenje) skrob u potpunosti želatinizira (Qu i Wang, 1994). Tostiranje predstavlja važan korak u proizvodnji fleks proizvoda jer utiče na hrskavost i sposobnost proizvoda da zadrži oblik kad se potopi u mleko. Ove osobine su od ključnog značaja za prihvatljivost proizvoda od strane potrošača. Fleks proizvod je kompleksan multi komponentni sistem sastavljen od bio makromolekula kao što su proteini, ugljeni hidrati i lipidi, u kojima dominiraju ugljeni hidrati (78,07 - 80,19%). Postoje velike mogućnosti za unapređenje funkcionalnih karakteristika fleks proizvoda (Filipović i sar., 2015). Bez obzira na negativan stav nutricionista, fleks proizvodi postaju sve popularniji zbog mogućnosti kombinovanja različitih ukusa i jednostavnosti primene.

Tokom ekstruzije, formira se kompleks amiloza-lipidi. Obim formiranja amiloza-lipidnog kompleksa zavisi i od skrobne i od lipidne faze prisutne u sirovini. Prema rezultatima Bhatnagar i Hanna (1994) u uslovima niske vlage sirovina (<19%) i na temperaturama od 110 do 140°C nastaje najveća količina kompleksnih jedinjenja između stearinske kiseline i kukuruznog skroba sa 25% amiloze.

Dodatak saharoze, soli ili vlakana u sirovine koje sadrže skrob, kao što je kukuruzno brašno, može uticati na želatinizaciju, a prema tome, i na ekspanziju. Ekstruzioni uslovi i ulazni materijali (sirovine) moraju biti pažljivo odabrani kako bi se ostvario željeni rezultat (Filipović i Sakač, 2013a).

2.2.3 Uticaj ekstrudiranja na lipide

Tokom ekstrudiranja hrane, nativni lipidi mogu biti prisutni kao sastojak osnovne sirovine ili dodatka. Žitarice, kao što su pšenica i kukuruzni griz, su sirovine sa niskim sadržajem lipida (2%), iako ovas može sadržati i do 10% lipida. Manje količine lipida (<5%) olakšavaju ekstrudiranje i poboljšavaju teksturu. U procesu ekstrudiranja lipidi se čvrsto vezuju te im se smanjuje sposobnost ekstrahovanja sa rastvaračem (Filipović i Sakač, 2013a).

Ekstruzionim procesom se denaturišu hidrolitički enzimi tako da se preventivno utiče na oslobađanje slobodnih masnih kiselina čije prisustvo u hrani stvara brojne probleme. Povećan nivo slobodnih masnih kiselina utiče na ukus i na kvalitet skladištene hrane (Camire i sar., 1990).

Prilikom ekstrudiranja, zbog veoma kratkog vremena zadržavanja u pužu, ne dolazi do hemijske oksidacije lipida i denaturišu se enzimi koji podstiču oksidaciju, što doprinosi povećanju nutritivnog i senzorskog kvaliteta hrane i polaznog materijala.

Smanjenje oksidativnih promena lipida doprinosi i očuvanju prirodnog antioksidativnog potencijala sirovina. U procesu ekstruzionog kuvanja neophodno je primeniti odgovarajuće tehnološke parametre pri kojima su gubici antioksidanata sirovine najmanji, tako da se obezbeđuje održivost ekstrudata (Sakač i sar., 2003). Stvaranjem kompleksa lipida i ugljenih hidrata i toplotnom degradacijom ekstrudiranjem se smanjuje nutritivna vrednost lipida.

2.2.4 Uticaj ekstrudiranja na vitamine

U poređenju sa ostalim nutritijentima i gradivnim materijama, dnevni unos vitamina je mali, ali te količine mogu biti od presudnog značaja za dobro zdravlje, zbog uloge vitamina kao koenzima u metabolizmu. Povećanje konzumacije ekstrudirane hrane za odojčad i sličnih proizvoda, koji mogu da formiraju osnovu individualne ishrane je fokusirano na efekte ekstrudiranja na očuvanje vitamina i minerala koji su dodati pre ekstrudiranja. Kako se vitamini razlikuju značajno po hemijskoj strukturi i sastavu, njihova stabilnost tokom

ekstrudiranja takođe varira. Obim degradacije zavisi od različitih parametara tokom procesuiranja i skladištenja namirnica ili sirovina: vlažnosti, temperature, svetla, kiseonika, vremena i pH. Među liposolubilnim vitaminima, vitamini D i K su prilično stabilni. Vitamini A i E i njihove srodne komponente – karotenoidi i tokoferoli, nisu stabilni u prisustvu kiseonika i toplote. Prema navodima Guzman-Tello i Cheflet (1990) toplotna degradacija je glavni faktor gubljenja β -karotena tokom ekstrudiranja. Askorbinska kiselina (vitamin C) je takođe osetljiva na toplotu i oksidaciju. Sadržaj vitamina tokom ekstruzionog kuvanja opada sa povećanjem temperature i pritiska, brzine obrtanja puža i specifičnog energetskeg unosa kao i smanjenjem sadržaja vlage ulazne sirovine i brzine hranjenja (Filipović i Sakač, 2013a).

2.2.5 Uticaj ekstrudiranja na mineralne materije

Iako mineralni elementi predstavljaju makro i mikro elemente, oni igraju važnu ulogu u hemiji hrane. Ekstrudiranje može da poboljša apsorpciju minerala, redukovanjem faktora koji inhibiraju apsorpciju kao što su fitati, polifenoli, tanini jer oni mogu formirati nerastvorljive komplekse sa mineralima (Filipović, 2010; Filipović i Sakač, 2013a).

Ekstrudiranje hidrolizuje fitate i dolazi do oslobađanja molekula fosfata. Prisustvo prirodnih polifenola može biti inhibitorni faktor mineralne apsorpcije, iako je sadržaj tanina značajno smanjen. Tanin može formirati nerastvorljive komplekse sa dvovalentnim jonima u gastrointestinalnom traktu i na taj način snižavati biorasploživost minerala. Povećanje apsorpcije minerala, posle ekstruzije, može se delimično pripisati destrukciji polifenola tokom toplotnog tretmana. Promene polifenolnog sadržaja nakon termičkog tretmana mogu rezultirati vezivanjem fenolnih sa ostalim prisutnim organskim materijama.

Apsorpcija minerala može se promeniti u prisustvu vlakana. Celuloza, lignin i pojedine vrste hemiceluloze utiču na mobilnost gastrointestinalnog trakta i mogu da ometaju apsorpciju minerala. Ekstruziono procesuiranje na visokim temperaturama može da utiče na reorganizaciju komponenata prehrambenih vlakana, promenom njihovih helatnih karakteristika (Filipović, Sakač, 2013a).

Jedna od glavnih karakteristika esencijalnih mineralnih materija je da su one od suštinske važnosti za normalno funkcionisanje organizma. Međutim, čak i ako su klasifikovani

kao važni za funkcionisanje organizma, makro i mikro elementi mogu izazvati toksičnost u koncentracijama koje su iznad onih koje su potrebne za biološke funkcije organizma. Optimalni mineralni status je od suštinskog značaja za održavanje zdravlja i obezbeđivanje optimalne funkcije tela. Sposobnost organizma da usvoji mineralne materije iz prehrambenih proizvoda odnosno da dovede organizam do ravnoteže između usvajanja i potrošnje zavisi od pola i starosti jedinke (McManus i sar., 2011). Preporučeni dnevni unos esencijalnih mineralnih elemenata u Republici Srbiji je definisan uredbom na osnovu rezultata istraživanja o ishrani stanovništva u cilju prevencije i zdravstvene zaštite. Preporučeni dnevni unos prema Uredbi o obeležavanju i označavanju upakovanih namirnica (2004) je: Fe 14 mg/100g, Zn 15 mg/100g, Cu 2 mg/100g i Mn 2 mg/100g.

2.2.5 Uticaj ekstrudiranja na bioaktivne komponente hrane

Nezavisno od svog nutritivnog sastava, hrana može sadržati komponente koje pozitivno deluje na zdravstveno stanje konzumenata. To su biološki aktivne fitohemikalije koje smanjuju rizik od pojave mnogih bolesti. Zrna žitarica značajno doprinose količini nenutritijenata u ljudskoj ishrani, kao što su fenolne komponente (fenolna kiselina, lignani) i fitinska kiselina (Filipović i Sakač, 2013a).

Fenolne komponente, kao što su genistein i fitoestrogeni kod soje, mogu da pomognu u prevenciji karcinoma dojke, a ekstrudiranjem se značajno redukuje sadržaj ovih komponenti (Camire, 1990).

Camire, (1990) je dokazao da se ukupna vrednost aktivnosti antioksidanasa i ukupnih fenola u ekstrudiranim uzorcima smanjivala sa povećanjem brzine obrtanja puža i snižavanjem sadržaja vlage kao i da se ekstrudiranjem smanjuje i sadržaj antocijana. Crveni i plavi pigmenti antocijanina služe kao antioksidansi koji štite vid i kardiovaskularni sistem. Polimerizacija i formiranje braon boje proizvoda mogu takođe doprineti gubitku antocijanina.

Ekstrudiranjem na visokim temperaturama snižava se sadržaj ukupnih izoflavona kao i glukozinolata koji imaju ulogu u prevenciji karcinoma (Rinaldi i Bennick, 2000; van Popel i sar., 1999).

2.3 PREDNOSTI I NEDOSTACI EKSTRUDIRANJA

Pozitivni nutritivni efekti postupka ekstrudiranja su:

- povećana svarljivosti skroba i proteina i
- niži troškovi priprema proteinima obogaćenih i nutritivno izbalansiranih proizvoda.

Osim toga, ekstrudiranje pruža mogućnost upotrebe materijala koji prethodno nisu pokazali veliki ekonomski značaj ili su čak označeni kao otpad. Od praktične važnosti je i činjenica da se proces može sprovoditi s relativno malo napora, ne zahteva prevelike troškove i većina opreme je jednostavna za upotrebu, a ima i mogućnost višestruke primene (Mościcki, Zuilichem, 2011).

Ukoliko se teži izradi kvalitetnog proizvoda, ekstrudiranje kao kompleksan multi varijabilni proces zahteva optimizaciju radnih parametara i pažljivu kontrolu procesa.

Blagi ekstruzioni uslovi (visok sadržaj vlage sirovina, kratko vreme zadržavanja, niska temperatura) favorizuju manje gubitke aminokiselina, visoku svarljivost proteina i skroba, povećanje količine rastvorljivih prehrambenih vlakana, manju oksidaciju lipida, veći sadržaj vitamina i bolju apsorpciju minerala (Singh i sar., 2007).

Oštri ekstruzioni uslovi (visoke temperature, $\geq 150^{\circ}\text{C}$, sadržaj vlage $\leq 15\%$) i/ili prisustvo određenih sastojaka koji otežavaju proces (prisustvo redukujućih šećera) pri uobičajenim vremenima zadržavanja od 0,5-1 min mogu usloviti destrukciju nutritivnih sastojaka (Singh i sar., 2007). U tabeli 2.3 prikazan je pregled prednosti i nedostataka procesa ekstrudiranja (Smoje i sar., 1996).

Tabela 2.3 Prednosti i nedostaci ekstrudiranja (*Smoje i sar., 1996*)

	Prednosti	Mogući nedostaci
Proteini	Denaturisanje, denaturisanje inhibitora rasta, raskidanje međumolekularnih veza, formiranje novih veza	Razgradnje aminokiselina i vezivanje nekih aminokiselina sa ugljenim hidratima
Skrob	Povećanje svarljivosti preko želatinizacije i ekspanzije	Hidroliza ugljenih hidrata
Masti i ulja	Oslobađanje ulja iz sferozoma, formiranje kompleksa masti i ugljenih hidrata, inaktiviranje lipolitičkih enzima	Oksidacija masti i aromatičnih sastojaka
Vitamini	Nema	Gubitak aktivnosti
Minerali	Nema	Mogući fitatni kompleksi sa Zn, Mg, Fe i Ca
Mikroorganizmi	Uništavanje bakterija, plesni, kvasaca i protozoa.	Nema
Toksične komponente	Razaranje glikoalkaloida, smanjenje toksičnosti gosipola, razlaganje alergena	Nema
Ukus	Povećanje slasti, gubitak neprijatnih aroma, poboljšana tekstura	Stvaranje nepoželjnih ukusa zbog međusobne interakcije komponenti sirovina
Oblik	Poboljšana mehanička svojstva, mogući svi oblici i teksture proizvoda	Nema

Primenom procesa ekstrudiranja kod koga je materijal izložen delovanju visokih temperatura (do 200°C) i kratko vreme (do 2 min) dolazi do smanjenja broja mikroorganizama u sirovini i gotovom proizvodu, odnosno dolazi do poboljšanja ukupnog mikrobiološkog profila kako sirovine, tako i gotovog proizvoda. Pozitivan efekat ekstrudiranja je prikazan u tabeli 2.2 gde se vidi evidentno smanjenje broja mikroorganizama u ekstrudiranom kukurznom stočnom brašnu u odnosu na netretirano kukuruzno stočno brašno, odnosno dolazi do smanjenja mikrobiološke kontaminacije posle primene odgovarajućeg termičkog tretmana (Filipović i Sakač, 2013b).

Tabela 2.2. Uticaj ekstrudiranja na mikrobiološku sliku kukuruznog stočnog brašna

Pokazatelj kvaliteta	KSB	EKSB
Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija (po 1 g)	4.500.000	140.000
Ukupan broj plesni (po 1 g)	90.000	800
Sulfitoredukujuće klostridije	500	400

KSB – kukuruzno stočno brašno, EKSB – ekstrudirano kukuruzno stočno brašno

2.4 VRSTE EKSTRUDIRANIH PROIZVODA

Najpopularniji ekstrudirani proizvodi se prema Mościcki i Zuilichemu (2011) svrstavaju u sledeće kategorije:

- Direktno ekstrudirane grickalice - *ready to eat* (RTE), snek i fleks proizvodi,
- Peletirane grickalice – polu proizvodi namenjeni prženju ili ekspandiranju toplim vazduhom, prethodno kuvana testenina,
- Hrana za bebe, prethodno kuvana brašna, instant koncentri, funkcionalne komponente,
- Hrana za životinje, hrana za ribe, prehrambeni koncentri,
- Hrskavi hleb, hlebne mrvice, emulzije i paste,

2.4.1 Proizvodnja fleks proizvoda

Kukuruz je najzastupljenije žito u proizvodnji ekspandiranih proizvoda, bilo da se primenjuje postupak visokog pritiska i visoke temperature ili postupak ekspandiranja naknadnim termičkim tretmanima. Zadovoljavajući stepen ekspanzije se postiže i ekstrudiranjem ovasa i pirinča (Riaz, 2007).

Pre ekstrudiranja kukuruz sadržaj vlage se u posebnom mešaču podesi na vlagu od 20 do 30% i prebaci se u usipni koš ekstrudera. U zavisnosti od konstruktivnih karakteristika ekstrudera (oblik i dužina puža, broja puževa) podesi se radni parametri: broj obrtaja i pritisak i temperatura. Na izlazu iz puža postavljena je matrica koja daje oblik proizvoda a broj i brzina obrtaja noževa određuju dimenzije ekstrudata. Ekstrudat se istanjuje prolaskom između valjaka za flekičenje, a flekice naknadno termički obrađuju. Fleks proizvodi pripadaju

grupi proizvoda kod kojih se u ekstruderu na nižim temperaturama (70-120°C) skrob ne želatinizira u potpunosti (Qu i Wang, 1994), a karakteristična tekstura se obrazuje naknadnim kratkotrajnim termičkim tretmanom – tostiranjem na visokoj temperaturi (160-190°C). Tostiranju prethodi faza sušenja (80-150°C) koja ima velik uticaj na osobine gotovog proizvoda (Moraru i Kokini, 2003). Pre upotrebe ekstrudera, kukuruzni griz je kivan u autoklavu, oblikovan, istanjivan, sušen i tostiran bilo u tosterima ili je pržen u ulju (Bekrić, 1996).

2.4.1.1 Kukuruzno brašno

Kukuruz je visokovredan poljoprivredni proizvod: u svetu se gaji u količinama koje ga, uz pšenicu i pirinač, svrstavaju u vodeće žitarice. Primarno se koristi kao stočna hrana i kao sirovina za proizvodnju mnogih prehrambenih proizvoda, mada se konzumira i kao humana hrana u zemljama u razvoju (Karlović, Andrić, 1996).

Kukuruz se prerađuje po dva tehnološka postupka: suvom i mokrom preradom. Dominantna pozicija klice u zrnju, sa velikim sadržajem masti, i potreba za suvim proizvodima, sa što manjim sadržajem masti radi dužeg čuvanja, utiču da osnovu svih dijagrama “suve meljave” čini separacija klice. U primeni su dva postupka. Kod jednostavnijeg, koji ne zahteva kvašenje, pa prema tome ni sušenje, klica se izbija iz zrna udaračkim mašinama ili valjcima. Endosperm i klica razdvajaju se na sortirajućim stolovima (tzv. padi stolovima) pa se endosperm izmeljava na valjcima, a grizevi se sortiraju na planskim sitima i čistilicama griza. Složeniji dijagram se upotrebljava kad se žele proizvodi sa manjim sadržajem masti, celuloze i pepela. Suvom preradom kukuruza dobija se pet grupa proizvoda, koji se razlikuju po obliku i veličini čestica, kao i po hemijskom sastavu, a to su: griz, kukuruzna krupica, kukuruzno brašno, stočno brašno i kukuruzna klica (Jozinović, 2015; Jong, 2016).

Kukuruzni grizevi nalaze široku upotrebu u domaćinstvima. Najveću primenu našli su u proizvodnji slada za pivo gde zamenjuje ječmeni slad u količini od 25%-50 % (u zavisnosti od nacionalnih pravilnika).

Kukuruzno brašno je, zbog povećanog sadržaja, masti smatrano sporednim proizvodom prerade kukuruza. Međutim, savremenom tehnologijom prerade kukuruza može

se proizvesti kukuruzno brašno sa niskim sadržajem masti i željenim granulacionim sastavom tako da se ono može koristiti u različite svrhe. Brašno fine granulacije sa smanjenom količinom masti, minimalnom količinom pepela i malim kiselinskim stepenom se u određenom procentu koristi kao zamena za pšenično brašno kod pekarskih i brašneno-konditorskih proizvoda (keksa). Kukuruzno brašno predstavlja visoko kvalitetnu i ekonomičnu sirovinu za komercijalne svrhe. Tipično kukuruzno brašno se sastoji od: skroba 88% i drugih polisaharida, proteina (zein) 6%, i manje od 2% lipida, sirove celuloze, pepela (Jong, 2016). Kukuruzno brašno je izvor nijacina, tijamina, riboflavina, pantotenske kiseline, folata i vitamina B6, E i K. Ono sadrži 18 aminokiselina i vrednih minerala, kao što su magnezijum, fosfor, kalijum, cink, bakar, mangan i selen.

Od svih žita kukuruz je prvi počeo da se ekstrudira i danas se pomoću ovog postupka dobijaju sledeći proizvodi: fleks proizvodi, preželatinizirana brašna, brašna za tortilje i kus-kus, snek proizvodi.

2.4.1.2 Fizičke karakteristike fleks proizvoda

Fizičke karakteristike fleks proizvoda su bitne osobine za ocenu kvaliteta i imaju dominantan uticaj na prihvatanje proizvoda od strane potrošača (Kilcast, 2004).

Stepen ekspanzije je odnos volumena fleks proizvoda i ekstrudata pre flekičenja i predstavlja važnu osobinu koja u velikoj meri utiče na prihvatljivost fleks proizvoda od strane potrošača.

Nasipna masa je osobina koja opisuje masu materijala po jedinici zapremine i predstavlja važan faktor prilikom određivanja zapremine skladišnog prostora, transportnih vozila i kontejnera. Nasipna masa fleks proizvoda je važna osobina naročito za pakovanje proizvoda kao i za sposobnost proizvoda da pluta kad se potopi u vodu ili mleko (Sumithra i Bhattacharya, 2008).

Prhkost i hrskavost predstavljaju poželjne osobine i doprinose svežini proizvoda.

Boja predstavlja važnu karakteristiku fleks proizvoda, koja može da utiče na njihovu percepciju i prihvatanje od strane potrošača (Nascimento i sar. 2012, Filipović i sar. 2013, Filipović i sar. 2015).

2.5 FUNKCIONALNA HRANA

Sve do početka XX veka, ljudi su hranu proizvodili direktno iz prirodnih resursa, da bi tek u poslednjih stotinak godina tehnologija počela da preuzima glavnu ulogu i od izvornih namirnica proizvodila neograničen broj prehrambenih proizvoda. Funkcionalna hrana predstavlja trend i temelj razvoja moderne prehrambene industrije širom sveta (Niva M., 2007). Termin "funkcionalna hrana" odnosi se na koncept nauke o ishrani, a ne na određenu vrstu nove hrane. Ne postoji jedinstvena i opšte prihvaćena definicija funkcionalne hrane, ali svim definicijama je zajedničko da se funkcionalnom hranom smatraju one namirnice koje karakteriše uravnoteženi odnos hranjivih materija koje treba da zadovolje nutritivne i zdravstvene potrebe potrošača, a pri tome da nemaju negativne efekte prilikom konzumiranja. Osnovna ideja za razvoj funkcionalne hrane može se sažeti u sledeću Hipokratovu poslovicu "Neka tvoja hrana bude tvoj lek, a tvoj lek neka bude tvoja hrana" (Krystallis i sar., 2008).

Pomenuta vrsta namirnica obezbeđuje različite zdravstvene koristi, gledajući pojedinačno utvrđeno je da minerali, vitamini, prehrambena vlakna, probiotici, prebiotici i simbiotici: snižavaju holesterol, deluju kao antioksidansi, (Alzamora i sar., 2005). Takva pozitivna svojstva funkcionalna hrana duguje fiziološki aktivnim materijama koje sadrži u svom sastavu: antioksidansi, vitamini, mineralne materije, korisni mikroorganizmi (Siró i sar., 2008). Komponente funkcionalne hrane koje su nosioci funkcionalnih svojstava najčešće su grupisane s obzirom na poreklo.

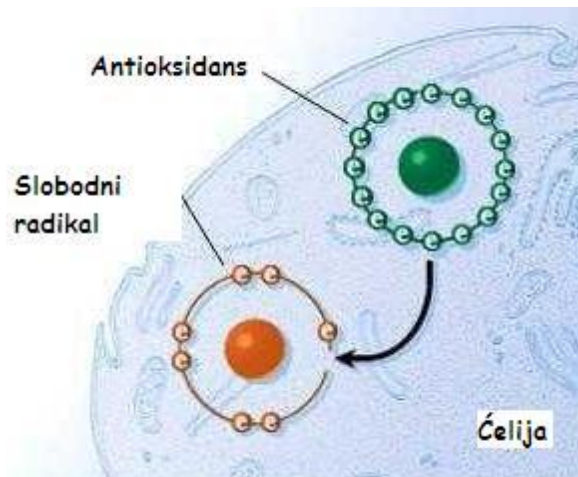
Funkcionalna namirnica može da nastane tako što se biološki aktivni sastojak doda tradicionalnoj namirnici, koja time proširuje svoje delovanje, ili se oblikuje sasvim novi proizvod sa specifičnim sastavom i fiziološkim delovanjem (probiotski voćni sok) (Miletić i sar., 2008). Zdravstveni efekti funkcionalne hrane često nisu lako merljivi i pozitivno delovanje se uočava tek nakon višegodišnjeg perioda konzumiranja, ali poznavanjem i primenom savremenih znanja o ishrani, čoveku se omogućava da svesno utiče na procese u organizmu (Filipović, 2010; Košutić, 2012).

2.6 FUNKCIONALNI DODACI

Nekoliko kategorija antioksidanasa, u koje spadaju fenolna jedinjenja, vitamini, proteini, peptidi i aminokiseline, imaju široku industrijsku primenu u proizvodnji funkcionalnih proizvoda. Ova jedinjenja takođe imaju primenu kao konzervansi u hrani i kozmetici (Imlay, 2003).

2.6.1 Izvori antioksidanasa

Antioksidans je svaki molekul koji se sam oksiduje i na taj način štiti od oksidativnih oštećenja ćelije i tkiva u organizmu ili osetljive komponente u prehrambenom proizvodu. Aktivnost antioksidanasa sastoji se u tome što neutrališe slobodni radikal tako što mu predaje svoj elektron, čime slobodni radikal postaje stabilan, slika 2.5. Na ovaj način antioksidans prekida lančanu reakciju oksidacije, tako da ona više ne predstavlja opasnost za ćelije i tkiva. Kada antioksidans preda elektron on, po definiciji, postaje slobodni radikal. Međutim, antioksidans u ovom stanju ne predstavlja opasnost jer ima sposobnost da se prilagodi promeni broja elektrona, a da pri tome ne postane reaktivan (Kozarski, 2012). Antioksidansi deluju na tri različita načina: oni mogu da snize energiju slobodnih radikala, spreče njihovo nastajanje ili prekinu lančanu reakciju oksidacije (Đukić, 2008).



Slika 2.5 Aktivnost antioksidanasa

(<http://supa.pharmacy.bg.ac.rs/courses/52/posts/4428>)

S obzirom da mehanizmi zaštite od destruktivnog delovanja slobodnih radikala neminovno slabe sa starenjem, neophodno je konstantno snabdevanje organizma prirodnim antioksidansima kako bi se što više redukovala oštećenja izazvana njihovim dejstvom. Prirodni antioksidansi, kao što su vitamini (A, E, C), minerali (Se, Zn), proteini (transferin, ceruloplazmin, albumin), glutation i polifenoli imaju svojstvo da hvataju slobodne radikale i tako inhibiraju oksidativne mehanizme koji dovode do degenerativnih bolesti (Niki i sar., 1994). Iz pomenutih razloga je neophodno da se antioksidansi, kao protektivni agensi, u organizam unose i hranom. Istraživanja, kao i kliničke studije, ukazuju da ishrana bogata namirnicama biljnog porekla, kao što su voće, povrće, žitarice, klice, čajevi, crveno vino i sokovi, obezbeđuje zaštitu od različitih bolesti, među kojima su karcinom, kardio i cerebrovaskularne bolesti (He i Guisti ,2010).

Najviše antioksidativnih komponenti u tipičnoj ishrani biljnog porekla pripada različitim klasama fenolnih jedinjenja sa različitim fizičkim i hemijskim karakteristikama (Gawlik-Dziki i sar. 2012). Fenolne kiseline, polifenoli i flavonoidi u voću i povrću imaju svojstvo antioksidanasa (Prakash, 2001; Reis i Abu-Ghannam, 2014). Bioaktivnost fenola može da bude u vezi sa njihovom sposobnošću da heliraju metale, inhibiraju lipoksigenaze i hvataju slobodne radikale (Kedage i sar., 2007).

Neki autori u svojim istraživanjima ističu da je antioksidativna aktivnost hrane biljnog porekla u korelaciji sa sadržajem kompleksa koje čine fenolna jedinjenja sa ligninima i arabinoksilanima. Ovakvi kompleksi kod ječma i slada su pokazali dva puta veću

antioksidativnu aktivnost nego ekstrakt slobodnih fenolnih jedinjenja iz istog materijala (Maillard i sar., 1996).

2.6.2 Konzumni suncokret

Na osnovu sadržaja osnovnih komponenata suncokreta (jezgro/ljuska) zatim ulja i proteina razlikujemo:

- Uljani tip suncokreta, namenjen za industrijsku proizvodnju ulja; obično sadrži 20-25% ljuske i u proseku oko 40% ulja, što ga svrstava u grupu uljarica sa višim sadržajem ulja.
- Konzumni (proteinski) tip suncokreta, koji se koristi u industrijskoj proizvodnji proteinskih proizvoda na bazi suncokreta (oljušteno jezgro, proteinsko brašno, maslac) ili se upotrebljava za direktno konzumiranje (grickanje) i zato se često naziva i konzumni suncokret. Pomenuti tip suncokreta sadrži oko 30% ulja i 40-45% ljuske. (Karlović, Andrić, 1996). Von Bergman i sar. (2005) ističu da seme konzumnog suncokreta (*Helianthus annuus L. Var. macrocarpus*), zbog prisustva linolne kiseline, učestvuje u regulaciji metabolizma holesterola (transport, konverzija u druge metabolite, skladištenje i ekskrecija) i nivoa holesterola u krvi. Proteina ima više od 20 odsto (tabela 2.4), pri čemu su to uglavnom esencijalne aminokiseline neophodne ljudskom organizmu.

Povoljan nutritivni sastav, (tabela 2.4), čini konzumni suncokret funkcionalnom sirovinom koja može imati povoljan uticaj na poboljšanje sastava ekstrudiranog fleks proizvoda.

Tabela 2.4 Pokazatelji kvaliteta sucokreta

Hemijski sastav(% na s.m)	
Ulje	50-70
Proteini (N x 6,25)	20-35
Sirova celuloza	3-5
Sadržaj masnih kiselina (%)	
Palmitinska 16:0	5,6
Stearinska 18:0	3,6
Oleinska 18:1	27,7
Linolna 18:2	63,1

2.6.2 Divlji origano

Postoje četiri vrste divljeg origana (*Origanum vulgare*, *Origanum onites*, *Origanum majorana* i *Origanum minutiflorum*) čijom se destilacijom dobija blagotvorno ulje. Za razliku od prve tri vrste, *Origanum minutiflorum* je endemska biljka, koja raste samo na Taurus planinama, u južnim delovima Turske, u specifičnim klimatskim uslovima, zbog kojih sadrži specifičan procenat aktivne supstance karvakrola (Tabela 2.5) i ima odlična antibakterijska, antiviralna, fungicidna, antiseptička i antioksidantna svojstva.

Tabela 2.5 Sadržaj karvakrola kod različitih vrsta divljeg origana

Vrsta	Sadržaj karvakrola (%)
<i>Origanum vulgare</i>	23,4–78,7
<i>Origanum onites</i> ,	66,5–80,4
<i>Origanum majorana</i>	75,1–79,5
<i>Origanum minutiflorum</i>	75,1–83,6

Na osnovu literaturnih podataka Shahidi i Chandrasekara (2015) materije sa izraženim antioksidativnim svojstvom kao što je divlji origano (tabela 2.3) imaju pozitivan uticaj na ljudsko zdravlje što privlači pažnju naučnika, potrošača i stručnjaka prehrambene industrije. Naime, studije su pokazale da divlji origano sprečava pojavu gripa i prehlade, jača imunološki sistem i uništava trideset vrsta bakterija, uključujući i *Ešerihiju koli*, kandidu, salmonelu i stafilokoke.

2.6.3 Sporedni proizvodi u proizvodnji hrane

Tokom procesa proizvodnje hrane stvara se velika količina sporednih proizvoda koji završe kao otpad. Ovi proizvodi nastaju tokom kompletnog procesa proizvodnje hrane: od poljoprivrede do industrijske proizvodnje i prerade (Mirabella i sar., 2014). Sporedni proizvodi predstavljaju veliki problem prilikom odlaganja, potencijalno veliki izvor zagađenja i veliki gubitak biomase i hranljivih materija. Savremeno društvo, u kome postoji velika potražnja za prehrambenim proizvodima poboljšanog nutritivnog sastava, karakteriše rast troškova proizvodnje hrane i smanjena dostupnost sirovina (Laufenberg i sar., 2003). Pored toga, trend rasta potražnje prehrambenih proizvoda poboljšane nutritivne vrednosti, sa dodatkom različitih bioaktivnih komponenti ili nenutrijenata sa pozitivnim efektima na zdravlje, uticalo je na povećanje iskorišćenja sporednih proizvoda.

Korišćenjem sporednih proizvoda prehrambene industrije ostvareni su uslovi da se određeni sintetički sastojci koji mogu biti izvor toksičnosti zamene prirodnim komponentama (Elleuch i sar., 2011). Sa druge strane, povećana potražnja za funkcionalnim dodacima usmerila je pažnju stručne i naučne javnosti na korišćenje različitih sporednih proizvoda, koji se danas smatraju jeftinim izvorom vrednih komponenti jer, postojeće tehnologije omogućavaju njihovo očuvanje i povratak u lanac ishrane kao funkcionalnog dodatka u različitim proizvodima (Galanakis, 2012). Jedan od takvih proizvoda je i ostatak nakon destilacije ulja iz divljeg origana koji se može valorizovati kroz izradu prehrambenih proizvoda sa funkcionalnim osobinama s obzirom na činjenicu da divlji origano predstavlja jedan od najjačih prirodnih antioksidanasa.

2.7 PROIZVODI NA BAZI ŽITA SA FUNKCIONALNIM KARAKTERISTIKAMA

Danas je na našem tržištu prisutan veliki broj proizvoda od žita različitog oblika, ukusa i teksture, počev od tradicionalnih koje se jednostavno služe (ovsene pahuljice, fleks proizvodi) pa do proizvoda obogaćenih funkcionalnim komponentama. Poznato je da žita (pšenica, ječam, raž, pirinač i druga) prolaze fazu prerade (mlevenje, separacija, poliranje), tokom koje dolazi do gubitka pojedinih hranljivih materija (vitamini i minerali). U zavisnosti od načina prerade, gubici mogu biti 30%, pa i više. Dodatak vitamina i minerala u žita, koje se prema međunarodnoj terminologiji naziva obogaćivanje ili nutritifikacija (enrichment program), ustaljena je praksa u svim naprednim zemljama, a sprovodi se u cilju prevencije deficita vitamina i minerala (hipovitaminoze) u ishrani stanovništva, a time ozbiljnijih zdravstvenih posledica.

Naravno, obogaćivanje žita tehnološki nije bilo moguće sve dok vitamini i minerali nisu dobijeni u čistom obliku koji se može kontrolisati. Proizvodima na bazi žita mogu se dodavati: antioksidansi i prebiotici koji nisu uobičajeni sastojci ovih proizvoda, pri čemu antioksidansi imaju važnu ulogu u očuvanju imunološkog stanja ljudskog organizma i prevenciji malignih oboljenja. Obogaćivanje namirnica nije bilo zakonski regulisano sve do 1974. godine. Tada je „Odbor za hranu i ishranu (Food Nutrition Board FNB) američke Akademije nauka (Academy of Sciences) objavio politiku nutritifikacije. Do toga je došlo nakon brojnih izveštaja o posledicama deficita vitamina A, tiamina, riboflavina, folata, gvožđa, kalcijuma i cinka u prehrani određenih segmenata američke populacije. Propisan je protokol o dodavanju vitamina i minerala brašnu i drugim proizvodima od žita (žita za doručak, dečja hrana...) koji su prihvatili ne samo Amerikanci, nego i ceo svet (Košutić, 2012).

2.8 STAV POTROŠAČA PREMA FUNKCIONALNOJ HRANI

Većina istraživanja u vezi sa funkcionalnom hranom je koncentrisana na njene moguće zdravstvene učinke, a relativno malo je poznato o reagovanju potrošača na nju (Saher i sar., 2004). Čak i ako hrana ispuni svoju prehrambenu ulogu ne mora značiti da će biti prihvaćena od strane potrošača ako im se ne sviđa ukus ili bilo koja druga karakteristika proizvoda. Konkretno, prihvatanje proizvoda od strane potrošača je prepoznato kao ključno prilikom pozicioniranja funkcionalnih proizvoda na tržištu (Siró, i sar., 2008). Potrošači postaju svesni odnosa između ishrane i zdravlja što utiče na povećanje njihovog interesovanja za nutritivni sastav hrane. Takođe to utiče i na potražnju za hranom obogaćenu funkcionalnim komponentama koje igraju važnu ulogu u održavanju zdravlja i prevenciji bolesti (Sretenović i sar., 2007). Glavni argument koji doprinosi većoj prodaji funkcionalne hrane je da ona preventivno utiče na zdravstveno stanje što posebno utiče na mlađe potrošače koji traže bolji kvalitet života (Cross, Frost, 2009).

Ako su potrošači spremni da preuzmu odgovornost za održavanje zdravlja pravilnim načinom ishrane, funkcionalna hrana će biti radije prihvaćena, pogotovo ako pozitivni zdravstveni efekti konzumiranja takve hrane ne zahtevaju promenu načina života i ustaljenih navika u ishrani (Filipović, 2010). Potrošač informisan o prednostima novog funkcionalnog proizvoda će pre prihvatiti nov proizvod ukoliko su senzorska svojstva bliža proizvodima na koje je potrošač navikao i veća je verovatnoća da će on biti uvršćen u dnevni obrok. Potrošači najteže prihvataju onu hranu čiji se pozitivni efekti konzumiranja ostvaruju tek u trećem životnom dobu. Pozitivan uticaj funkcionalne hrane na zdravlje ljudi obezbeđuju specifični sastojci kao što su minerali, vitamini, masne kiseline, prehrambena vlakna, odnosno nutritivne biološki aktivne fitohemikalije (flavonoidi, fitosteroli) i antioksidansi. Iako proizvodnja funkcionalne hrane beleži veliki rast u poslednjih 10 godina evropski potrošači su još uvek skeptični prema ovoj vrsti proizvoda. Prethodna istraživanja su utvrdila da ljudi koji ne koriste funkcionalnu hranu kao razloge navode: nedostatak znanja, smanjen interes za funkcionalnu hranu i cenu (Niva, 2006, Košutić, 2012).

3. EKSPERIMENTALNI DEO

3.1 MATERIJAL

U eksperimentalnom radu su korišćene sledeće sirovine: kukuruzno brašno, konzumni suncokret i suvi ostatak od divljeg origana.

3.1.1 Kukuruzno brašno

Za izradu fleks proizvoda korišćeno je kukuruzno brašno od proizvođača: „ŽITOPRODUKT” d.o.o. Bačka Palanka, čiji sastav je prikazan u tabeli 3.1.

Tabela 3.1 Pokazatelji kvaliteta kukuruznog brašna

Hemijski sastav	
Sadržaj vlage (%)	13,30
Sadržaj ukupnih šećera (% s.m)	0,62
Sadržaj sirovih proteina (% s.m)	6,42
Sadržaj skroba (% s.m)	79,43
Sadržaj lipida (% s.m)	1,57
Sadržaj Zn (mg/kg)	4,46
Sadržaj Mg (mg/kg)	236,21
Sadržaj Ca (mg/kg)	27,31
Sadržaj Fe (mg/kg)	8,92
Sadržaj Cu (mg/kg)	1,78

3.1.2 Konzumni suncokret

U eksperimentu je korišćen oljušteni konzumni suncokret „CEPKO“ roda 2013. godine, proizvođača „VITASTIL“ Erdevik. Konzumni suncokret je samleven u pogonu REPRO TRADE d.o.o. na mlinu čekićaru 2300 o/min. sa prečnikom otvora sita 2,5 mm. Osnovni hemijski sastav suncokreta prikazan je u tabeli 3.2.

Tabela 3.2 Pokazatelji kvaliteta mlevenog konzumnog suncokreta

Hemijski sastav	
Sadržaj ukupnih šećera (% s.m)	0,56
Sadržaj sirovih proteina (% s.m)	25,67
Sadržaj skroba (% s.m)	6,73
Sadržaj lipida (% s.m)	54,05
Sadržaj Zn (mg/kg)	5,16
Sadržaj Mg (mg/kg)	373,09
Sadržaj Ca (mg/kg)	1368,60
Sadržaj Fe (mg/kg)	40,42
Sadržaj Cu (mg/kg)	20,89

3.1.3 Divlji origano (suvi ostatak)

U radu je korišćen divlji origano (*Origanum minutiflorum* O. Schwarz & P.H. Davis) roda 2013 godine, poreklom iz Turske od proizvođača „Inan tarim ecodab“- Antalia Turska a uvoznik je „Baltik junior“ Beograd. Destilisane količine su po 2,6 kg suve mase. Destilacija je izvršena u proizvodnom pogonu Instituta za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić" iz Beograda sa sedištem u Pančevu. Za dobijanje etarskog ulja, korišćen je mini destilator koji koristi princip vodene pare. Vreme trajanja destilacije bilo je 2 sata i 30 minuta. Nakon navedenog vremena etarsko ulje je osušeno pomoću n-heksana i anhidrovanog natrijum-sulfata. Za dalja istraživanja pripremljen je trop, odnosno ostatak u procesu destilacije koji je ohlađen prirodnim strujanjem vazduha na mestu zaštićenom od sunčeve svetlosti. Suvi

ostatak je samleven u pogonu REPRO TRADE d.o.o. na mlinu čekićaru 2300 o/min. sa sitom prečnika otvora 1,5mm. U tabeli 3.3 prikazana je antioksidativna vrednost divljeg origana pre i posle procesa destilacije.

Tabela 3.3 Pokazatelji antioksidativne vrednosti konzumnog suncokreta i divljeg origana

Sirovine	Sadržaj fenola (mg GAE/g s.e.)	Antiradikalska aktivnost ekstrakata	
		DPPH 1/IC ₅₀ (mg/ml)	FRAP µg AAE/g s.e.
Divlji origano (pre destilacije)	42,87	0,121	8685,64
Suvi ostatak divljeg origana	23,55	0,201	8445,99
Konzumni suncokret	11,68	0,173	11087,13

3.1.4 Ostale sirovine

- Kuhinjska so, komercijalni proizvod, proizvođač: D.P. „So produkt”, Beograd.
- Vodovodska voda za piće.

3.2 METODI RADA

3.2.1 Hemijski metodi

3.2.1.1 Sadržaj vlage kukuruznog brašna i fleks proizvoda

Sadržaj vlage je određen standardnim postupkom sušenja na 130°C, a sadržaj vlage suncokreta postupkom sušenja na 105°C do postizanja konstantne mase (Pravilnik o metodama fizickih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina I brzo smrznutih testa, 1988).

3.2.1.2 Sadržaj proteina

Sadržaj proteina je dobijen na osnovu sadržaja azota koji je određen po A.O.A.C Micro-Kjeldahl metodu 962.52 (AOAC, 1994) i upotrebom faktora 6,25 za preračunavanje sadržaja azota u sadržaj proteina (Pravilnik o metodama fizickih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988).

3.2.1.3 Sadržaj skroba

Sadržaj skroba je određen metodom po Ewersu (Pravilnik o metodama fizickih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988).

3.2.1.4 Sadržaj ukupnih šećera

Sadržaj ukupnih šećera je određen po metodu Luff-Schoorl-u (Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama vršenja hemijskih i fizičkih analiza kakao-zrna, kakao proizvoda, proizvoda sličnih čokoladi, bombonskih proizvoda, krem-proizvoda, keksa i proizvoda srodnih keksu, 1987).

3.2.1.5 Sadržaj lipida

Sadržaj lipida je određen hidrolizom po metodu Weibull Stoldu (Pravilnik o metodama fizickih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa, 1988).

3.2.2 Plan eksperimenta

Plan eksperimenta je sproveden u dve faze sa ciljem definisanja optimalne temperature sušenja fleks proizvoda i količine funkcionalnih dodataka prilikom izrade fleks proizvoda. Za ispitivanje uticaja temperature sušenja na fizičke, nutritivne i funkcionalne osobine fleks proizvoda sušenje se odvijalo na četiri različite temperature: 84°C, 105°C, 135°C, 148°C. Ispitivanje uticaja funkcionalnih dodataka na kvalitet fleks proizvoda sprovedeno je na osnovu potpunog faktorskog plana sa dva faktora: konzumni suncokret (na četiri nivoa) i suvi ostatak divljeg origana (na tri nivoa), tabela 3.4.

Tabela 3.4 Sirovinski sastav fleks proizvoda sa dodatkom funkcionalnih komponenti

Uzorak	Kukuruzno brašno (%)	Konzumni suncokret (%)*	Suvi ostatak divljeg origana (%)**
KF1	100	0	0
KF2	97	3	0
KF3	94	6	0
KF4	91	9	0
KF5	100	0	0,5
KF6	97	3	0,5
KF7	94	6	0,5
KF8	91	9	0,5
KF9	100	0	1
KF10	97	3	1
KF11	94	6	1
KF12	91	9	1

*g u 100 g kukuruznog brašna

**g na 100 g kukuruznog brašna

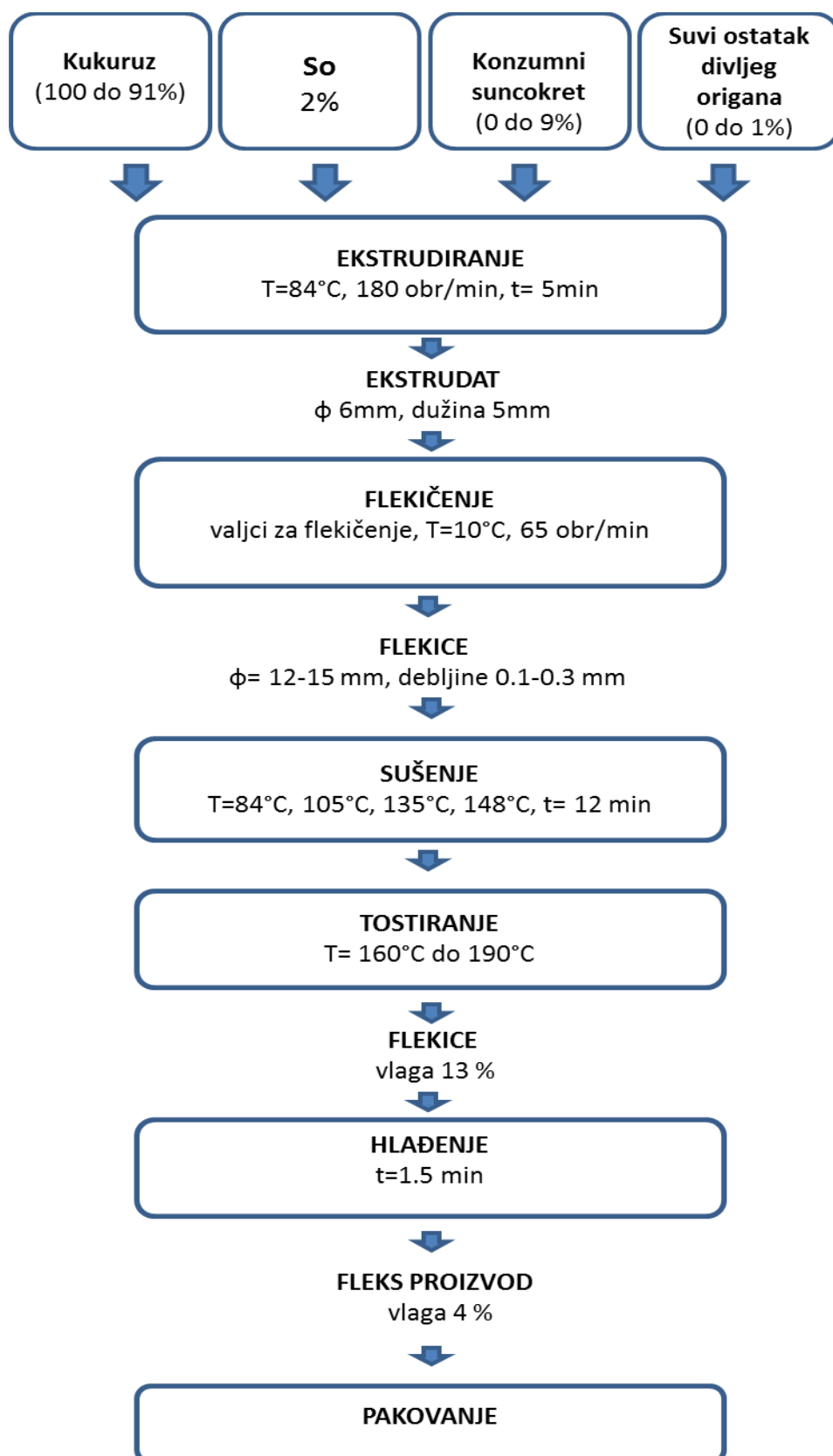
3.2.3. Postupak izrade fleks proizvoda

Sirovinski sastav ekstrudiranih fleks proizvoda obuhvata sledeće sirovine: kukuruzno brašno, mleveni konzumni suncokret, mleveni suvi ostatak divljeg origana i so. Na slici 3.1 prikazana je blok šema tehnološkog postupka izrade fleks proizvoda čiji je sastav dat u tabeli 3.4. Pre ekstrudiranja sirovine su odmerene na digitalnoj vagi i homogenizovane u mešalici (mikser) za praškaste komponente, (proizvođač DIERKS U SÖHNE Maschinenfabrik Osnabrück, Nemačka). Ukupna količina sirovina za izradu pojedinačnih fleks proizvoda (uzorci KF1 do KF15, tabela 3.4) je bila 25 kg.

Sadržaj vlage smeše sirovina je podešen na 21 do 22% ručnim dodavanjem vode u mešalicu. Sadržaj vlage sirovina je određen na vlagomeru AND Instrumets, TIP: ML-50. So je dodata u cilju korekcije ukusa i sprečavanja užegnuća proizvoda zbog dodatog mlevenog suncokreta.

Gotov proizvod je dobijen postupkom ekstrudiranja na dvopužnom ekstruderu sa tri zone zagrevanja (proizvođač- Yuninan Daily Extrusion, Republika Kina) u industrijskim uslovima pogona REPRO TRADE d.o.o. industrijska zona bb, Temerin. Parametri ekstrudera: dužina puža 1400 mm, broj obrtaja puževa 180 obr/min, na izlazu tri dizne $\varnothing 6$ mm, brzina rotirajućih noževa 1300 o/min, dimenzije ekstrudata: dužina oko 5mm, prečnik 6 mm. Prilikom ekstrudiranja temperaturni režim po zonama je bio sledeći: T1 =131°C, T2=125°C i T3=114°C, pritisak u ekstruderu je bio 40 bara.

Ekstrudat je trakastim transporterom prebačen u usipni koš uređaja za istanjivanje, tzv. valjka za flekičenje (proizvođač- Yuninan Daily Extrusion, Republika Kina), a flekice ($\varnothing 12$ -15 mm, debljine 0,1 – 0.3 mm) su trakastim transporterom prebačene u sušaru (proizvođač- Yuninan Daily Extrusion, Republika Kina). Nakon sušenja flekice su trakastim transporterom prebačene u pržionik (Toster od proizvođača - Yuninan Daily Extrusion, Republika Kina) u kome su flekice na visokoj temperaturi ($170\pm 5^{\circ}\text{C}$) dobile karakterističnu teksturu. Gotov proizvod je ohlađen do ambijentalne temperature na trakastom transporteru dužine 10 m. Fleks proizvod je pakovan u polietilenske vreće debljine 0,07 mm.



Slika 3.1 Tehnološki postupak proizvodnje fleks proizvoda

Uzorak fleks proizvoda za analizu je uziman nakon tostovanja, sa transportne trake za hlađenje, sa istog mesta svaka 3 min po cca 2 kg. Ovi „poduzorci“ su ručno homogenizovani i pakovani u polietilenske vreće debljine 0,07mm. Uzorci su čuvani u zatamnjenoj prostoriji kondicioniranoj na 20±2°C.

3.2.4 Definisane fizičke karakteristike fleks proizvoda

3.2.4.1 Tekstura

Tekstura fleks proizvoda je određena na Texture analyser TA.HD plus (Stable Micro System, U.K.) uz primenu merne ćelije opterećenja od 50 kg. Fizički parametri: tvrdoća, rad kompresije, prhkost i hrskavost određeni su po proceduri proizvođača aparata (uz pomoć sonde P/45R) sabijanjem 10 pojedinačnih fleks proizvoda uzetih iz prosečnog uzorka u jednom ponavljanju. Korišćeni radni parametri: brzina pre testa - 2 mm sec, brzina tokom testa - 2 mm sec, brzina nakon testa - 10 mm sec, razdaljina - 2.5 mm, sila okidanja - 10 g. Testiranje je rađeno u deset ponavljanja po uzorku.

3.2.4.2 Stepen ekspanzije

Stepen ekspanzije definisan je određivanjem volumena 100g fleks proizvoda (Kaludjerski i Filipović 1998), i primenom jednačine [1] gde je stepen ekspanzije izračunat na sledeći način:

$$ER = \frac{\text{volumen 100 g ekstrudata (ml)}}{\text{volumen 100 g ekstrudata pre flekičenja (ml)}} \quad [1]$$

3.2.3.3 Nasipna masa

Nasipna masa fleks proizvoda određena je pomoću pribora za određivanje nasipne mase, proizvođač Tonindustrie (West und Goslar, Nemačka). Određivanje nasipne mase rađeno je u tri ponavljanja. Prosečan uzorak fleks proizvoda se sipa u levak sa zasunima montiranim na dnu. Levak je postavljen na merni cilindar od 1000 ml (unutrašnji prečnik cilindra 53 mm). Kada se levak napuni proizvodom, povuče se zasun i slobodnim padom napuni se merni cilindar, zatim se zasun zatvori, višak proizvoda se pažljivo ukloni, a količina fleksa u cilindru definisane zapremine se izmeri na analitičkoj vagi.

3.2.4.4 Boja

Boja fleks proizvoda određena je u pet ponavljanja upotrebom kolorimetra Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Japan) (prečnik kontaktne površine 8 mm). Uzorci za merenje boje su pripremljeni mlevenjem na laboratorijskom mlinu Foss knifetec 1095. Pre merenja izvršena je kalibracija standardom bele boje. Rezultati su prezentovani prema CIELab sistemu boja, gde su koordinate definisane na sledeći način: L^* je koordinata svetloće boje (gde 0 označava crno, a 100 belo), a^* je crveno-zelena koordinata (gde a^{*+} označava crvenu i a^{*-} označava zelenu boju), b^* je žuto-plava koordinata (gde b^{*+} označava žutu i b^{*-} označava plavu), C je razlika u obojenosti, h je razlika u tonovima i DW dominantna talasna dužina (Filipović i sar. 2015).

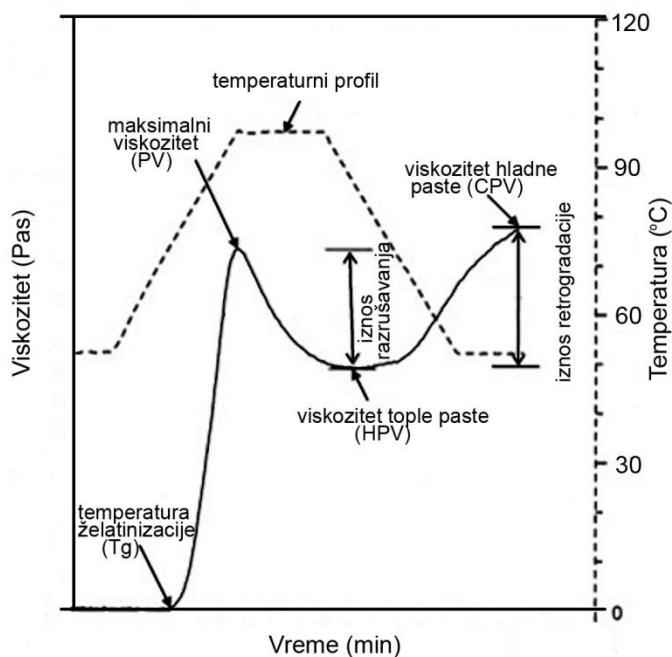
3.2.5. Definisiranje promena na skrobu

Reološke osobine kukuruznog brašna (promene viskoziteta tokom želatinizacije i retorgradacije) ispitane su na reometru HAAKE Mars (Thermo Scientific, Nemačka), korišćenjem sledećeg pribora: posude cilindra Z43S koja je bila nazubljena kako bi se sprečilo proklizavanje u toku merenja i propelerskog rotora FL2B (slika 3.2) specijalno konstruisanog za skrobne suspenzije, sa prorezima koji poboljšavaju mešanje i sprečavaju taloženje na dnu posude.



Slika 3.2 Propelerski rotor FL2B

Pripremljena je 17,78% suspenzija odnosno 10,67 g uzorka u 60 ml vode. Uzorak je prvo temperiran na 30°C u trajanju od 3 min pri konstantnoj brzini smicanja od 10 s^{-1} kako ne bi došlo do suspendovanja materijala. Nakon toga temperatura je povećavana brzinom od 1,5°C/min do 95°C, održavana na 95°C 10 min, a nakon toga smanjena na 50°C istom brzinom od 1,5°C/min i na kraju održavana na 50°C u trajanju od 10 min. Brzina smicanja propelera u toku merenja bila je 6 s^{-1} . U cilju sprečavanja isparavanja vode u toku merenja, korišćena je zaštita od isparavanja ("solvent trap" za Z40 geometriju). Merenja su vršena u tri ponavljanja.



Slika 3.3. Promena viskoziteta suspenzije skroba sa temperaturom

Dobijena je kriva promene viskoziteta u funkciji vremena i temperature (slika 3.3) sa koje su očitani sledeći parametri: T_g - temperatura početka želatinizacije ($^{\circ}\text{C}$), odnosno temperatura u trenutku porasta viskoziteta usled početka bubrenja skrobnih granula; **PV** - maksimalna vrednost viskoziteta (Pas), tj. viskozitet suspenzije pri kojem je većina granula dostigla maksimum bubrenja; **HPV** - minimalna vrednost viskoziteta nakon faze zagrevanja (Pas), koja se označava kao stabilnost ili viskozitet tople paste ("hot paste stability/hot paste viscosity/holding strength/trough viscosity") (Sandhu i Singh, 2007), a koristi se za izračunavanje iznosa razrušavanja strukture skroba. **Iznos razrušavanja** strukture skroba (Pas) ("breakdown") (Thomas i Atwell, 1999) jednak je razlici PV-HPV. **CPV** – maksimalna vrednost viskoziteta u fazi hlađenja (Pas), predstavlja krajnji viskozitet ili viskozitet hladne paste ("cold/final paste viscosity") (Aishat i sar., 2007) koji se koristi za izračunavanje iznosa retrogradacije. **Iznos retrogradacije** (Pas) („setback“) (Thomas i Atwell, 1999) predstavlja razliku između viskoziteta hladne i tople paste (CPV-HPV). Pored iznosa retrogradacije izračunat je i **totalni iznos retrogradacije** (Pas) kao CPV-PV.

3.2.6 Određivanje sadržaja mineralnih materija

Određivanje sadržaja Zn, Mg, Ca, Fe, Cu i S je određen po akreditovanoj metodi (Fins.lab. 5.4.3 –M -004/13 2011).

3.2.7 Određivanje aminokiselinskog sastava

Uzorci su pripremljeni za analizu hidrolizom 24h sa 6N HCl. Uzorci su analizirani na tačnom hromatografu GC Agilent 7890A sistemu sa plameno jonizujućim detektorom-FID, opremljenim automatskim uzorkivačem (autosampler) i silika kapilarnom kolonom (SP-2560, 100 m x 0.25mm, I.D., 0.20 μ m). Pikovi amino kiselina identifikovani su poređenjem retencionih vremena pojedinačnih amino kiselina u uzorku sa retencionim vremenima standarda Amino Acid Standard (Sigma-Aldrich, EU), kao i sa podacima interne biblioteke podataka. Rezultati su izraženi u procentima kao udeo pojedinačnih aminokiselina u ukupnim aminokiselinama.

3.2.7.1 Vrednovanje kvaliteta proteina

Nutritivna vrednost proteina izražena je sledećim pokazateljima: Score aminokiselina je izračunat kao količnik sadržaja jedne od deficitarnih esencijalnih aminokiselina (lizin, aminokiseline sa sumporom = metionin+cistin ili treonin) sa referentnim vrednostima za kategoriju osoba starijih od 18 god (FAO/WHO/UNU, 2002).

Kvalitet proteina je određen na osnovu svarljivosti proteina preko aminokiselenskog skora Protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) = *Score* limitirajuće aminokiseline x svarljivost.

Za svarljivost korišćeni su sledeći podaci (FAO/WHO/UNU, 2002):

- kukuruz = 85%
- suncokret = 90%

Svarljivost uzoraka fleks proizvoda (KF) preračunata je na osnovu udela kukuruza i suncokreta na sledeći način:

- KF sa 3% suncokreta → $85 \times 0,97 + 90 \times 0,03 = 85,15$
- KF sa 6% suncokreta → $85 \times 0,94 + 90 \times 0,06 = 85,30$
- KF sa 9% suncokreta → $85 \times 0,91 + 90 \times 0,09 = 85,45$

3.2.7.2 Indeks rastvorljivog azota (NSI)

Indeks rastvorljivog azota (NSI) je određen prema metodu (SRPS ISOE.N 8 001 2001.). Uzorak je 2h ekstrahovan u vodi, zatim je centrifugiran, a količina proteina u ekstraktu je određena standardnim postupkom određivanja azota po Kjeldahl-u (JUS ISO 1871).

3.2.8 Određivanje sastava masnih kiselina

Metil-estri masnih kiselina pripremani su metodom po Vereshbaranjiju kao preporučenom za ovaj tip uzoraka, u procesu transmetilacije sa 14% metanolnim rastvorom bortrifluorida (Karlović i Andrić, 1996). Kao rastvarač upotrebljen je n-heptan, a za inertizaciju i oslobađanje metil estara masnih kiselina od ostataka rastvarača primenjivano je uparavanje u struji azota.

Pripremljeni uzorci analizirani su na gasnom hromatografu (GC) Agilent 7890A system (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) sa plameno-jonizujućim detektorom (FID – Flame Ionization Detector) i autoinjektujućim sistemom za tečnosti, na kapilarnoj koloni od mešane silike (Supelco SP-2560 Capillary GC Column 100m x 0.25 mm, d = 0.20 μ m). Kao gas nosač upotrebljen je helijum čistoće 99,9997 vol %, pri protoku od 1,5 ml/min i pritisku od 1,092 bara. Uzorci su ubrizgavani u kolonu u takozvanom split režimu, čiji je odnos iznosio 30:1. Pikovi metil estara masnih kiselina identifikovani su poređenjem retencionih vremena iz

uzoraka sa retencionim vremenima iz standarda "Supelco 37 component fatty acid methyl ester mix" kao i sa internim podacima dobijenim u prethodnim ispitivanjima masnih kiselina na gasnom hromatografu sa masenim detektorom. Dobijeni rezultati izražavani su kao masa pojedinačne masne kiseline, ili grupe masnih kiselina (g) u 100 grama masnih kiselina iz uzorka, tj. kao relativni maseni sadržaji ($m_{u,i}$), i određeni prema formuli:

$$m_{u,i} = \frac{A_{u,i} \times F'_i}{\sum A_{u,i} \times F'_i} \times 100 \quad [2]$$

Gde je: F'_i - relativni korekcionni faktor date masne kiseline

$A_{u,i}$ - površina zahvaćena pikom metal estera masne kiseline i u uzorku

Konstante metil-estara masnih kiselina nisu iste, jer odziv detektora nije isti za sve metil-estre masnih kiselina, te površine zahvaćene pikovima ne odgovaraju masama masnih kiselina u standardu. Iz tih razloga se određuju korekcionni faktori F_i , a zatim i relativni korekcionni faktori, F'_i , svedeni na najzastupljeniju masnu kiselinu (u ovom slučaju α -linolensku kiselinu), za svaku masnu kiselinu i analizu odvojeno, nakon čega je izračunata srednja vrednost rezultata svih analiza. Izračunavanje je izvedeno prema sledećim formulama:

$$F_i = \frac{m_{s,i}}{a_{s,i}} \quad [3]$$

gde je: F_i – korekcionni faktor

$m_{s,i}$ - maseni udeli komponenti u standardnoj smeši dati na sertifikatu proizvođača

$a_{s,i}$ – površinski udeo komponente u standardu

$$F'_i = \frac{F_i}{F_{18:3n3}} \quad [4]$$

gde je: $F_{18:3n3}$ - korekcionni faktor za α -linolensku kiselinu

3.2.9 Određivanje antioksidativne vrednosti

Određivanje antioksidativne aktivnosti pripremljenih uzoraka fleks proizvoda u zavisnosti od temperaturnog režima sušenja kao i količine dodatih funkcionalnih sirovina bazirano je na određivanju sadržaja flavonoida, ukupnih fenola, skevindžer aktivnosti primenom DPPH testa i ukupne antioksidativne vrednosti FRAP metodom.

3.2.9.1 Određivanje sadržaja ukupnih fenola

Sadržaj ukupnih fenola određen je na bazi reakcije fenola sa Folin-Ciocalteu reagensom (Hagerman i sar., 2000), koristeći galnu kiselinu kao standard. U 1 ml FC reagensa dodat je uzorak (ili standard). Reakcioni medijum je dobro promešan (vortex), ostavljen da stoji 5 minuta i u njega je dodat 1 ml zasićenog rastvora Na_2CO_3 . Nakon 60 minuta je izmerena absorbancija na 760 nm. Sadržaj ukupnih fenola izračunat je kao ekvivalent galne kiseline iz kalibracione krive standardnih rastvora i izražen kao miligram ekvivalenata galne kiseline po gramu suvog ekstrakta (mg GAE/g s.e.).

3.2.9.2 Određivanje skevindžer aktivnosti – DPPH metod

Skevindžer aktivnost ekstrakta određena je indirektnom DPPH metodom po Soler-Rivasi i sar. (2000) za definisanje antioksidantnog kapaciteta i zasniva se na redukciji stabilnog 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH) koji zbog prisustva nesporenog elektrona pokazuje jaku apsorpciju u vidljivom delu spektra. Sparivanjem elektronskog para stabilnog radikala DPPH u prisustvu elektron donora (antioksidant), ljubičasta boja menja se u žutu, što dovodi do opadanja apsorpcije. DPPH radikal ima ljubičastu boju u rastvoru, a obezbojava

se ili postaje žut kada se redukuje. Ovo svojstvo omogućava kvalitativno praćenje reakcije, a kvantitativno se broj radikala na početku može utvrditi po promeni apsorbancije na 515 nm. Radnu probu činilo je 3 ml 90 mmol/dm³ radnog rastvora DPPH i ekstrakt uzorka. Radni rastvor DPPH dobijen je tako što se 22.5 ml 0.1 mmol/dm³ etanolnog rastvora DPPH dopuni do 100 ml sa metanolom. Slepna proba je sadržala sve rastvore osim uzorka, umesto čega je dodan 96% etanol. Nakon 30 minuta očitane su absorbancije na 515 nm. Kapacitet hvatanja DPPH radikala proporcionalan je promeni absorbancije, a izražen je kao 1/IC₅₀ vrednost. IC₅₀ vrednost predstavlja onu koncentraciju ekstrakta koja neutrališe 50% DPPH radikala.

3.2.9.3 Određivanje ukupne antioksidativne aktivnosti - FRAP metod

Ukupna antioksidatna aktivnost merena je FRAP testom (*Ferric Reducing Ability of Plasma* ili *Ferric Reducing Antioxidant Power*) prema Benzie i Strain (1996). Pomenut metod se zasniva na sposobnosti fenolnih supstanci, rastvorljivih u vodi, da redukuju Fe³⁺ do Fe²⁺. Redukovani Fe²⁺ sa TPTZ reagensom (2,4,6-tripiridil-s-triazin) stvara intenzivno plavo obojen kompleks.



Razvijanje boje u toku 6 minuta očitano je spektrofotometrijski na 593 nm u odnosu na destilovanu vodu. Reakcija je nespecifična, što znači da će svi antioksidanti prisutni u uzorku, koji imaju dovoljno nizak redoks potencijal, redukovati Fe³⁺.

FRAP reagens je dobijen mešanjem 300 mmol/dm³ acetatnog pufera pH 3,6; 10 mmol/dm³ TPTZ u 40 mM HCl i 20 mmol/dm³ FeCl₃ x 6H₂O u odnosu 10:1:1. Radnu probu činili su FRAP reagens i uzorak, odnosno standard – askorbinska kiselina. Slepnu probu je činio samo FRAP reagens, dok je u korekcijama umesto FRAP reagensa dodata destilovana voda. Rezultat se izražava kao miligram ekvivalenata askorbinske kiseline po gramu suvog ekstrakta (mg AAE./g s.e.).

3.2.10 Mikrobiološka ispitivanja

Mikrobiološki kvalitet sirovina i proizvoda definisan je primenom standardnih mikrobioloških metoda za određivanje broja kvasaca i plesni, ukupnog broja mikroorganizama (bakterija) i broja *Enterobacteriace*.

3.2.10.1 Određivanje broja kvasaca i plesni

Sadržaj kvasaca i plesni je određen prema standardu (SRPS ISO 21527-2:2011). Metod se zasniva na površinskoj inokulaciji početne suspenzije i razređenja uzorka u Petri ploče sa dihloran agarom sa 18% glicerola. Ploče su zatim aerobno inkubirane na $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ od 5 do 7 dana. Ako je potrebno, ploče sa agarom su ostavljene da stoje na difuznom dnevnom svetlu od 1 do 2 dana. Broj kvasaca i plesni po gramu je izračunat iz broja kolonija dobijenih na pločama.

3.2.10.2. Određivanje ukupnog broja mikroorganizama

Ukupan broj mikroorganizama je određen prema standardu (SRPS EN ISO 4833-1:2014). Metod se zasniva na zasejavanju pripremljenih razređenja uzorka u Petri ploče, nalivene agarom za ukupan broj bakterija (PCA) i inkubiranju na $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ tokom 72 h, nakon čega je iz broja kolonija izraslih u pločama koje sadrže manje od 300 kolonija izračunat broj mikroorganizama.

3.2.10.3 Određivanje sadržaja *Enterobacteriace*

Sadržaj *Enterobacteriace* je određen prema standardu (SRPS ISO 21528-2:2009). Metod se zasniva na inokulaciji ljubičasto-crvenog žučnog agara sa glukozom (VRBG) utvrđenom količinom suspenzije uzorka za ispitivanje tehnikom nalivanja ploče. VRBG agar je naliven u dva sloja radi obezbeđenja polu anaerobnih uslova. Ploče su inkubirane na 37 ± 1 °C tokom 24 ± 2 h. Iz ploča koje sadrže manje od 150 karakterističnih kolonija, metodom slučajnog izbora je odabrano 5 karakterističnih kolonija za potvrđivanje. Ukoliko nema rasta karakterističnih kolonija, za potvrđivanje su odabrane kolonije nekarakteristične makromorfologije. Nakon inkubiranja hranljivog agara inokulisanog odabranim kolonijama na 37 ± 1 °C tokom 24 ± 2 h, pristupilo se izvođenju biohemijskih testova za potvrđivanje. Biohemijski testovi za potvrđivanje uključuju reakciju oksidaze i test fermentacije. Kolonije koje su negativne na oksidazu, a pozitivne na glukozu, potvrđuju se kao *Enterobacteriaceae*. Broj *Enterobacteriaceae* je izračunat iz broja potvrđenih karakterističnih kolonija na ploči.

3.2.11 Potrošački test

Test za procenu kvaliteta i prihvatljivosti fleks proizvoda obavljen je od strane potrošača. Senzorni parametri (ukus, miris, ponašanje pri žvakanju i opšta prihvatljivost) fleks proizvoda sa dodatkom funkcionalnih komponenti ocenjeni su hedonskom skalom u 9 nivoa (1 = izuzetno mi se ne dopada, 2 = veoma mi se ne dopada, 3 = umereno mi se ne dopada, 4 = malo mi se ne dopada, 5 = niti mi se dopada niti mi se ne dopada 6 = malo mi se dopada, 7 = umereno mi se dopada, 8 = veoma mi se dopada, 9 = izuzetno mi se dopada).

Metod je razvio David Peryam sa saradnicima u Institutu američkih oružanih snaga, radi merenja zahteva vojnika u vezi sa ishranom. Skala je brzo usvojena u prehrambenoj industriji, a sada se koristi ne samo za merenje prihvatljivost hrane i pića, već i kozmetičkih proizvoda, proizvoda za domaćinstvo i kozmetike (www.sensorysociety.org).

3.2.12 Ispitivanje stava potrošača

Ispitivanje stava potrošača prema hrani sa funkcionalnim dodacima je sprovedeno na bazi slučajnog izbora popunjavanjem upitnika. U cilju dobijanja reprezentativnog uzorka i da bi se izbegla jednostrana zastupljenost određenih tipova potrošača anketom su obuhvaćene kategorije potrošača sledećih sociodemografskih karakteristika: starost, obrazovanje i visina primanja. Stav potrošača je testiran na 256 ispitanika podeljenih u subuzorke (grupe), tabela 3.5.

Tabela 3.5 Formirane grupe ispitanika u okviru ispitivanih sociodemografskih karakteristika

Starosna dob	Nivo obrazovanja	Visina primanja
18 do 35 godina 36 do 50 godina preko 50 godina.	osnovno srednje više visoko	<25000 din 25000-40000 din 40000-60000 din 60000-100000 din >100000 din

Test odnosa varijanse (F-test) je parametrijski test kojim se testira razlika između dve nezavisne populacione varijanse, s osnovnom pretpostavkom da su obe populacije normalno distribuirane.

Drugim rečima, ukoliko je dobijena F vrednost manja od vrednosti u tabeli/tablici, razlika između dve varijanse je slučajna, dok u suprotnom pokazuje statistički značajnu razliku.

3.2.13 Statistička obrada podataka

U ovim istraživanjima korišćeni su višeparametarski matematički metodi: deskriptivna statistika, regresiona analiza, metodi odzivne funkcije (RSM) i standardna ocena (*Score*).

3.2.13.1 Deskriptivna analiza

Deskriptivna analiza je upotrebljena za kvantitativno opisivanje proučavanih osobina radi početnog opisivanja podataka i sagledavanja njihovog međusobnog odnosa. Univarijantna analiza je urađena da bi se utvrdila raspodela promenljivih, uključujući centralnu tendenciju (srednje vrednosti) i disperziju (opsezi, standardne devijacije i varijanse).

Interpretacija rezultata urađena je na osnovu Tukey-evog HSD testa, uz značajnost $p < 0,05$ i $p < 0,01$ odnosno nivo poverenja od 95 i 99%. Tukey-ev HSD (*honestly significant distance*) test ukazuje na to koliko treba da su udaljene bilo koje dve srednje vrednosti da bi bile statistički različite. Za razliku dve srednje vrednosti veću od SD, ovim testom se dokazuje da je statistički značajna. Tukey-evim HSD testom podataka dobijenih analizom uzoraka fleks proizvoda sa dodatkom konzumnog suncokreta i divljeg origana, ustanovljeno je da je većina uzoraka statistički značajno različita na nivou $p < 0,05$, čime je dokazano da su ispitivani uzorci dovoljno raznoliki da bi se pristupilo statističkoj analizi i matematičkom modelovanju. Deskriptivna statistička analiza je uz pomoć *Microsoft Excel 2007* softvera a korelaciona analiza je urađene korišćenjem *StatSoft Statistica 10* programa.

3.2.13.2 Regresiona analiza

Na osnovu eksperimentalnih rezultata ispitivanja kvaliteta fleks proizvoda formirani su modeli zavisnosti odziva sistema od ispitivanih nezavisno promenljivih veličina:

$$y_k = f_k(\text{temperatura}) \quad [6]$$

i

$$y_k = f_k(\text{količina dodatog suncokreta, količina dodatog origana}) \quad [7]$$

Polinom prvog stepena je korišćen za fitovanje eksperimentalnih podataka u sledećem obliku:

$$y_k = a_{k0} + a_k \cdot x \quad k=1-6 \quad [8]$$

gde su: y_k šest odziva merenja parametara boje (L^* , a^* , b^* , W , C , h), a x temperatura sušenja.

Polinom drugog stepena (SOP) je korišćen za fitovanje eksperimentalnih podataka u sledećem obliku:

$$y_k = a_{k0} + a_k \cdot x + a_{kk} \cdot x^2 \quad k=1-25 \quad [9]$$

gde su: y_k dvadeset pet odziva merenja fizičkih osobina (2 parametra), teksturalnih osobina (4 parametra), hemijskog sastava (5 parametara), proteinskih karakteristika (5 parametara), sastava masnih kiselina (6 parametara) i antioksidativnih karakteristika (3 parametra), a x temperatura sušenja.

Polinom drugog stepena (SOP) je takođe korišćen i za fitovanje eksperimentalnih podataka u sledećem obliku:

$$y_k = a_{k0} + \sum_{i=1}^2 a_{ki} x_i + \sum_{i=1}^2 a_{kii} x_i^2 + a_{k12} x_1 + x_2 \quad k=1-60 \quad [10]$$

gde su y_k šezdeset odziva merenja viskozitetnog profila (7 parametra), fizičkih osobina (2 parametra), teksturalnih karakteristika (4 parametra), karakteristika boje (6 parametara),

hemijskog sastava (5 parametara), mineralnog sastava (5 parametara), antioksidativnih karakteristika (3 parametra), sastava masnih kiselina (6 parametara), aminokiselinskog sastava (17 parametara) i senzornih karakteristika (4 parametara), a x predstavlja količinu dodatog suncokreta (x_1) i količinu dodatog origana (x_2).

(SOP) je takođe primenjen kroz korišćenje uobičajenih statističkih testova kao što su:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{exp,i} - x_{pre,i})^2}{N-n}, \quad [11]$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_{pre,i} - x_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad [12]$$

$$MBE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_{pre,i} - x_{exp,i}), \quad [13]$$

$$MP = \frac{100}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \left(\frac{|x_{pre,i} - x_{exp,i}|}{x_{exp,i}} \right) \quad [14]$$

Gde je: χ^2 – hi kvadrat test

RMSE – koren srednje greške kvadrata razlika

MBE - srednja greška odstupanja

MPE– srednja procentna greška

Performanse (SOP) modela u odnosu na eksperimentalne rezultate: niske vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE i MPE, kao i visoka vrednost koeficijenta determinacije r^2 , ukazuju na pouzdanu predikciju i na dobro poklapanje vrednosti dobijenih ovim modelom sa eksperimentalnim rezultatima (Arsenović i sar., 2013).

3.2.13.3 Metod odzivne površine

Metod odzivne površine (Response surface methodology - RSM) je razvijen od strane Boxa i Drapera (1987), a predstavlja skup matematičkih i statističkih postupaka, koji se primenjuju za formiranje empirijskih modela i analizu procesa. Primena RSM metoda obuhvata tri glavne oblasti: dizajn eksperimenta, fitovanje modela i optimizaciju procesa (Stoyanov, Walmsley, 2006).

Ovaj metod je odabran za procenu generalnog uticaja tehnoloških parametara (količina suncokreta, količina origana) na promenu posmatranih odziva sistema (fizičke karakteristike – 2 parametra: teksturalne karakteristike – 5 parametara; karakteristike boje – 6 parametara; hemijske karakteristike – 5 parametara, mineralni sastav – 5 parametara; antioksidativna vrednost – 3 parametra; sastav masnih kiselina – 6 parametara i sastav aminokiselina – 17 parametara).

Za potrebe ovog istraživanja usvojen je potpuni faktorski plan dva faktora na 3 i 4 nivoa gde su nezavisno promenljive veličine: količina dodatog suncokreta (0 %, 3 %, 6 % ili 9 % (X_1) i količina dodatog origana (0 %, 0,5 % ili 1,%) - (X_2).

Odabrane vrednosti tehnoloških parametara pobrojanih u poglavlju deskriptivne analize, su nezavisno promenljive veličine - X_1 i X_2 .

Značajnost uticaja pojedinačnih faktora kao i njihovih interakcija, za svaki od odziva, utvrđena je analizom varijanse (ANOVA) i primenom post-hoc Tukey-evog HSD testa. Za analizu ANOVA i RSM korišćen je softverski paket StatSoft Statistica ver.10.0

3.2.13.4 Metod standardne ocene - "Score" analiza

U „Score“analizi koristi se min-max normalizacija odzivnih vrednosti, koja prevodi odzive iz njihovog dimenzionog sistema u novi bezdimenzioni sistem koji omogućava dalju matematičku obradu različitih vrsta odziva (Jayalakshmi i Santhakumaran, 2011). Normalizovani odzivi daju "Score" ili "Ocenu (S)" procesa, gde najveća vrednost S predstavlja optimalni odziv. Metod standardne ocene je primenjen za optimizaciju temperature sušenja i optimizaciju sirovinskog sastava funkcionalnog fleks proizvoda.

Pri optimizaciji temperature sušenja (84°C, 105°C, 135 °C, 148°C) maksimalna standardna ocena definiše optimalni odziv temperature sušenja, odnosno optimalnu kombinaciju tehnoloških parametara (stepen ekspanzije, hrskavost, lizin, L-svetloća, b*-udeo žute boje, palmitinska kiselina, stearinska kiselina, linolna kiselina, linoleinska kiselina, fenoli, DPPH, FRAP).

$$S_{ki} = \frac{(x_{ki} - x_{k \min})}{(x_{k \max} - x_{k \min})} \quad k= 1-9 \quad [15]$$

Gde je x_k : stepen ekspanzije, lizin, L, b*, linolna kiselina, linolenska kiselina, fenoli, DPPH i FRAP.

$$S_{ni} = 1 - \frac{(y_{ni} - y_{n\min})}{(y_{n\max} - y_{n\min})} \quad n= 1-3 \quad [16]$$

Gde je y_n : hrskavost, palmitinska kiselina i stearinska kiselina.

$$S_i = \frac{\sum_{i=1}^k S_{ki} + \sum_{i=1}^n S_{ni}}{k + n} \quad [17]$$

$\max[S_i] \rightarrow$ **optimum**

Pri optimizaciji sirovinskog sastava fleks proizvoda najveća vrednost S predstavlja optimalni odziv količine funkcionalnih dodataka (konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana), odnosno optimalnu kombinaciju tehnoloških parametara (tvrdoća, hrskavost), pokazatelja nutritivne vrednosti (sadržaj kalcijuma, gvožđa, zasićenih masnih kiselina, nezasićenih masnih kiselina, fenola, FRAP vrednost, PDCAAS vrednost za lizin) kao i ocena opšte prihvatljivosti proizvoda.

Za izračunavanje Ocene za sledeće parametre: hrskavost, sadržaj kalcijuma, gvožđa, nezasićenih masnih kiselina, fenola, FRAP vrednosti, PDCAAS, kao i ocenu opšte prihvatljivosti primenjena je jednačina 15, a za izračunavanje ocena za tvrdoću i sadržaj zasićenih masnih kiselina jednačine 16. Standardna ocena kvaliteta fleks proizvoda sa funkcionalnim dodacima je srednja vrednost zbira deset pojedinačnih ocena za posmatrane parametre kvaliteta i izračunata primenom jednačine 17.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Postupkom ekstrudiranja mehaničkim, toplotnim, difuzionim i hemijskim operacijama došlo je do promene osobina polaznih sirovina najviše zbog karakteristika ekstrudera i uslova ekstrudiranja (temperatura, pritisak i napon smicanja) što je u saglasnosti sa istraživanjima Riaz, 2000; Filipović i sar., 2003. Kako su u sirovinski sastav ekstrudiranog proizvoda uključeni funkcionalni dodaci, proizvodni parametri su imali uticaj na osobine funkcionalnih dodataka.

4.1 DEFINISANJE OPTIMALNE TEMPERATURE SUŠENJA

U svakom tehnološkom postupku od izuzetne važnosti je pravilno definisati proizvodne parametre postupka kako bi se ostvario dobar i ujednačen kvalitet proizvoda uz što manje gubitke nutritivnih i funkcionalnih svojstava polaznih sirovina.

U cilju izrade fleks proizvoda sa dodatkom suvog ostatka divljeg origana i/ili konzumnog suncokreta, u prvom delu eksperimentalnog rada, ispitivanja su fokusirana na utvrđivanje uticaja temperature sušenja na fizičke, hemijske, nutritivne i funkcionalne osobine fleks proizvoda bez dodataka. Na analize svih pomenutih parametara odabrani su parametri kod kojih su registrovane najveće promene u količini funkcionalnih dodataka. Izračunavanjem standardnih ocena, primenom jednačina [15], [16] i [16], izvršena je optimizacija temperature sušenja fleks proizvoda.

4.1.1 Uticaj temperature sušenja na fizičke karakteristike fleks proizvoda

Moraru i Kokini (2003) su istakli značaj temperature pri formiranju strukture ekstrudiranih proizvoda. U tabeli 4.1 je prikazan uticaj temperature sušenja, kao prve faze naknadnog toplotnog tretmana, u kom se stvaraju preduslovi za pravilno ekspandiranje, na fizičke i teksturalne osobine fleks proizvoda proizvedenog pri istim radnim parametrima tokom ekstrudiranja i tostiranja, navedenim u poglavlju 2.1.

Nasipna masa, tabela 4.1, je karakteristika koja kod ekstrudiranih proizvoda ukazuje na zapreminu proizvoda. Najniže vrednosti su izmerene kod proizvoda sušenih na najvišoj temperaturi - 145,2 gml⁻¹. Sušenje na temperaturama od 84°C do 148°C postignuto veće ekspandiranje koje je bilo u intervalu od 150,0 do 168,3 gml⁻¹.

Tabela 4.1 Fizičke karakteristike fleks proizvoda u zavisnosti od temperature sušenja

T (°C)	Nasipna masa (gml ⁻¹)	Stepen ekspanzije (mlg ⁻¹)	Tvrdoća (kg)	Rad kompresije (kgs ⁻¹)	Prhkost (N/A)	Hrskavost (gs)
84	150,0±1,21 ^b	9,36±5,77 ^c	8,88±3,95 ^b	4,94±2,40 ^b	23,6±2,5 ^a	31758,1±119,0 ^a
105	181,4±1,56 ^d	7,24±2,89 ^a	7,00±3,09 ^a	3,69±1,94 ^a	26,8±1,9 ^b	35156,1±105,6 ^b
135	168,3±0,75 ^c	8,32±2,89 ^b	7,85±1,95 ^{ab}	4,60±1,59 ^{ab}	28,6±3,6 ^c	42094,5±121,7 ^c
148	145,2±0,29 ^a	9,32±14,43 ^c	7,89±0,68 ^a	4,79±0,74 ^b	31,0±5,4 ^d	42720,9±114,3 ^d

T-temperatura sušenja

Različita slova u eksponentusrednje vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike na nivou značajnosti od p<0,05

Na osnovu Tukey testa pri nivou značajnosti od 95% utvrđeno je da se povećanjem temperature sušenja od 84°C do 135°C statistički značajno povećava nasipna masa fleks proizvoda, što pokazuje da je na najnižoj temperaturi sušenja postignuta najbolja struktura. Ovo zapažanje potvrđuju i vrednosti stepena ekspanzije koje su u inverznoj zavisnosti sa nasipnom masom, što je u saglasnosti sa tvrđenjima Filipović i sar. (2003). Temperatura sušenja u intervalu 84°C do 135°C, statistički značajno utiče na nasipnu masu, što je u saglasnosti sa tvrđenjima drugih autora (Bekrić i sar., 1996; Filipović i Kormanjoš, 2003). Interensatno je da se stepen ekspanzije statistički značajno ne razlikuje na najnižoj i najvišoj temperaturi sušenja.

Specifičnost strukture fleks proizvoda nastale variranjem temperature sušenja flekica je praćeno promenom teksturalnih karakteristika, definisanih sledećim parametrima: tvrdoća, rad kompresije, prhkost i hrskavost, tabela 4.1. Više istraživaća (Kilcast, 2004; Saeleaw i Schlening, 2011) navodi da su ove osobine veoma bitne za potrošaće.

Na temperaturi od 84°C, uzorak koga karakteriše najveći stepen ekspanzije, ima najveću tvrdoću (8,88 kg) i rad kompresije (4,94 kgs⁻¹), a sa povećanjem temperature vrednosti ovih parametara se smanjuju. Takođe, se zapaža da su prhkost i hrskavost, karakteristike koje predstavljaju sinonim za svežinu fleks proizvoda, imali najnižu vrednost na 84°C. Sa povećanjem temperature statistički značajno se povećavaju vrednosti pomenutih pokazatelja, pri nivou značajnosti od $p < 0,05$. Ovi rezultati su od posebne važnosti kada u sirovinskom sastavu fleks proizvod sadrži funkcionalne termolabilne komponente (Guzman-Telo i Cheflet, 1990; Sakać i sar., 2003), jer je neophodno izabrati temperaturu na kojoj će se postići optimalna prhkost i hrskavost, a pri tome očuvati funkcionalne karakteristike komponenti.

Poređenjem pravaca promena vrednosti fizičkih i teksturalnih karakteristika, u celini, zapaža se pravilnija zavisnost ispitivanih teksturalnih karakteristika od temperature u poređenju sa nasipnom masom i stepenom ekspanzije, što je verovatno posledica preciznosti samog metoda određivanja.

4.1.2 Uticaj temperature sušenja na hemijske karakteristike fleks proizvoda

U tabeli 4.2 je prikazan hemijski sastav fleks proizvoda u zavisnosti od različitih temperatura sušenja. Sa povećanjem temperature sušenja dolazi do blagog povećanja sadržaja proteina (od 5,71 do 5,85), lipida (od 2,10 do 2,50) i šećera (od 1,85 do 1,95), a smanjenja sadržaja skroba (od 77,8 do 76,27). Tuckey test pokazuje da postoje statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u sadržaju proteina kod uzoraka sušenih na temperaturi 84°C u odnosu na uzorke kod kojih je temperatura sušenja bila 105°C, 135°C i 148°C.

Mnogi autori (Guy, 2001; Sarawong i sar., 2014) su ispitivali uticaj visokih temperatura u tehnološkom postupku na promene u ugljenohidratnom kompleksu, koje se odražavaju na svarljivost i iskorišćenje energije iz skroba. Skrob postaje dostupniji enzimskoj hidrolizi u digestivnom traktu, a povećanje sadržaja ukupnih šećera se može odraziti na

senzorske pokazatelje proizvoda (boja i ukus). U posmatranim uzorcima povećanje temperature sušenja nije uslovalo statistički značajne razlike u sadržaju skroba i šećera (tabela 4.2). Smanjenje sadržaja skroba i povećanje sadržaja lipida, tabela 4.2 je u skladu sa tvrđenjima Bhatnagar i Hana (1994) koji navode da na temperaturama od 110°C do 140°C nastaje najveća količina kompleksnih jedinjenja između stearinske kiseline i kukuruznog skroba.

Tabela 4.2 Hemijski sastav fleks proizvoda u zavisnosti od temperature sušenja

T (°C)	Sadržaj (% s.m.)			
	Proteini	Skrob	Lipidi	Šećer
84	5,71±0,01 ^a	77,80±2,01 ^a	2,10±0,14 ^a	1,85±0,9 ^a
105	5,80±0,03 ^b	76,70±2,04 ^a	2,14±0,19 ^a	1,89±0,8 ^a
135	5,82±0,04 ^b	76,50±2,00 ^a	2,30±0,8 ^b	1,92±0,5 ^a
148	5,85±0,07 ^b	76,27±1,09 ^a	2,50±0,4 ^b	1,95±0,2 ^a

T-Temperatura sušenja

Različita slova u eksponentu u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od $p < 0,05$

Indeks rastvorljivog azota (NSI) prikazan je u tabeli 4.3, je jedan od pokazatelja kvaliteta koji može da ukaže na promene u strukturi proteina i koristi se u optimizaciji termičkog režima, jer odražava promene u strukturi proteina izazvane visokim pritiskom i temperaturom u procesu ekstrudiranja (Filipović i sar., 2003).

Tabela 4.3 Uticaj temperatura sušenja na karakteristike proteina fleks proizvoda

T (°C)	Sadržaj proteina (%)	NSI	Odabrane aminokiseline (mg/1g proteina)		
			Lizin	Aminokiseline sa sumporom	Treonin
84	5,71±0,01 ^a	5,75±0,5 ^a	0,26±0,09 ^a	29±1,05 ^a	49±2,4 ^b
105	5,80±0,03 ^b	5,95±0,4 ^a	0,26±0,08 ^a	29±1,25 ^a	54±2,0 ^c
135	5,82±0,04 ^b	6,62±0,3 ^b	0,24±0,08 ^a	33±1,30 ^b	52±2,9 ^c
148	5,85±0,07 ^b	6,18±0,6 ^b	0,22±0,07 ^a	35±1,26 ^b	46±1,8 ^a

T-Temperatura sušenja; NSI – indeks rastvorljivog azota

Različita slova u ekponentu u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike na nivou značajnosti $p < 0,05$,

Vrednosti NSI za fleks proizvod su se kretale u rasponu od 5,75 do 6,18 i Tukey test ($P < 0,05$) je pokazao da se vrednosti NSI na temperaturama sušenja od 84°C i 105°C statistički značajno razlikuju od vrednosti na 135°C i 148°C, što pokazuje da tokom sušenja na temperaturama višim od 105°C dolazi do strukturnih promena u proteinima praćenih statistički značajnim razlikama u sadržaju aminokiselina sa sumporom i treonina, tabele 4.3. Pomenuti rezultati su u saglasnosti sa tvrdnjama Masatcioglu i sar. (2014).

Nutritivna vrednost proteina se najčešće definiše sadržajem limitirajuće aminokiseline (aminokiseline čiji je sadržaj najmanji u odnosu na referentne vrednosti). U tabeli 4.3 prikazan je sadržaj tri aminokiseline koje je FAO/WHO/UNU (2002) označio kao esencijalne aminokiseline deficitarne u najvećem broju proteinskih izvora.

Za ocenu uticaja temperature na promene na proteinima od posebne važnosti je posmatranje sadržaja navedenih aminokiselina u fleks proizvodima. Povećanjem temperature sušenja (od 84°C do 148°C) utiče na smanjenje sadržaja lizina u fleks proizvodu (od 0,26 na 0,22mg/1g proteina). Pomenute promene u sadržaju lizina nisu statistički značajne, a nastale su kao posledica odigravanja Maillardovih reakcija (Filipović, Sakač, 2013a).

Sa povećanjem temperature sušenja povećava se sadržaj aminokiselina sa sumporom (metionin+cistein) što je verovatno posledica prelaska cistina u cistein na višim temperaturama. Na sadržaj treonina takođe utiče temperatura sušenja, pri čemu se najveći sadržaj treonina zapaža na temperaturi od 105°C i to 54 mg/1g proteina.

Prema navodima FAO/WHO/UNU (2002) na stepen iskorišćenja proteina i aminokiselina takođe može da utiče i sadržaj energetskih materija (ugljeni hidrati i lipidi) i mikronutrijenata (B-vitamin, cink), što nije razmatrano u okviru ovih ispitivanja.

4.1.3 Uticaj temperature sušenja na boju fleks proizvoda

Boja fleks proizvoda je bitna osobina za definisanje kvaliteta proizvoda i direktno je vezana za njegovu prihvatljivost od strane potrošača (Nascimento i sar., 2012). Bojene reakcije utiču na celokupan kvalitet proizvoda. Pozitivne efekte Maillardove reakcije na zdravlje imaju reduktoni i melanoidini jer poseduju antioksidativnu aktivnost zasnovanu na sprečavanju stvaranja metalnih helata. Negativni efekti su vezani za reakcije esencijalnih aminokiselina što doprinosi smanjenju iskorišćenja proteina, odnosno nutritivne vrednosti proizvoda (Purlis, 2010). Navedene činjenice o značaju boje kao karakteristike proizvoda, uslovile su ispitivanje ovog parametara kao značajnog pokazatelja kvaliteta fleks proizvoda.

Statističkom analizom na pragu značajnosti $p < 0,05$ je utvrđeno da temperature sušenja statistiki značajno utiče na većinu ispitivanih parametra boje (L^* , a^* , b^* , W i C), što je u saglasnosti sa istraživanjima drugih autora (Guzman-Tello i Cheflet, 1990; Sumitrra i Bhattacharya, 2008; Nascimento i sar., 2012).

Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 4.4 primećuje se da je: svetloća L^* fleks proizvoda je varirala između 80,69 do 83,58. Trend povećanja parametra L^* nakon postupka ekstrudiranja zabeležen je i u drugim istraživanjima (Altan i sar., 2008, Obradović, 2014.), što se pripisuje ugradnji vazduha u strukturu ekstrudata. Udeo zelene boje se smanjuje sa povećanjem temperature sušenja fleks proizvoda i pomera se ka crvenkastom tonu (pozitivna vrednost a^*) što je posledica povećanja sadržaja šećera i smanjenja sadržaja lizina, (tabele 4.2 i 4.3), kao najreaktivnije aminokiseline u Maillardovim reakcijama. Pomenute rezultati su u skladu sa rezultatima istraživanja Shoar i sar. (2010), koji su navedene promene objasnili većom degradacijom pigmenata. Isti zaključak su izveli i Ondo i sar. (2013) tokom istraživanja uticaja dodatka alkalizovanog kakao praha u kukuruznu krupicu. Najviši udeo žute boje - b^* (29,13) je zabeležen na temperaturi od 105°C dok je najniža vrednost zabeležena (25,15) na temperaturi sušenja od 148°C kada je registrovana pojava crvenog tona. Ovi podaci su u saglasnosti sa rezultatima Sumitrra i Bhattacharya (2008). Smanjenje

vrednosti parametra b^* nakon ekstrudiranja pripisuje se prvenstveno degradaciji žutih pigmenata (Ilo i Berghofer, 1999.; Liu i sar., 2000). Najveće vrednosti udela bele boje (parametar W), fleks proizvoda su zabeležene pri temperaturi od 148°C (69,96), a najviše vrednosti parametra obojenosti (parametar C) na temperaturi od 105°C (29,15).

Tabela 4.4 Boja fleks proizvoda na različitim temperaturama sušenja

T (°C)	L*	a*	b*	W	C	h
84	82,51±0,64 ^c	-1,05±0,16 ^a	27,26±1,00 ^b	67,59±1,10 ^c	27,28±1,00 ^b	92,2±0,34 ^b
105	80,69±0,33 ^a	-0,93±0,21 ^b	29,13±0,80 ^d	65,03±0,68 ^b	29,15±0,80 ^d	91,83±0,13 ^a
135	81,18±0,57 ^b	-0,54±0,14 ^c	28,86±1,60 ^c	58,03±0,68 ^a	28,70±0,94 ^c	91,08±0,37 ^a
148	83,58±0,59 ^d	-0,468±0,18 ^d	25,15±1,05 ^a	69,96±1,05 ^d	25,16±0,96 ^a	91,06±0,30 ^a

T- Temperatura sušenja, L* - svetloća, a* – udeo crveno/zelena boje, b* - udeo žuto/plava boje, W-udeo bele boje, C - obojenost, h - razlika u tonovima

Različita slova u ekponentu u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike na nivou značajnosti od $p < 0,05$

Tuckey test pokazuje da postoje statistički značajne razlike ($p < 0,05$) u vrednostima parametra h , odnosno da su razlike u tonovima uzorka sušenog na temperaturi 84°C izražene u odnosu na uzorke sušene na temperaturama od 105°C do 148°C.

4.1.4. Uticaj temperature sušenja na sastrav masnih kiselina fleks proizvoda

Imajući u vidu da je oksidacija lipida važna osobina za održivost prehrambenih proizvoda, koja utiče na nutritivni i senzorski kvalitet hrane, a da je uslovljena sadržajem zasićenih ili nezasićenih masnih kiselina (Roman i sar., 2013), u tabeli 4.5 je prikazan masnokiselinski sastav fleks proizvoda u zavisnosti od temperature sušenja.

Sa povećanjem temperature statistički značajno ($p < 0,05$) se povećava sadržaj zasićenih, a smanjuje sadržaj mono i polinezasićenih masnih kiselina. Prema rezultatima Sakač i sar. (2003) prilikom ekstrudiranja zbog kratkog vremena zadržavanja u pužu ne dolazi do hemijske oksidacije lipida, stoga su opravdana ispitivanja uticaja temperature sušenja fleks proizvoda na promene sastava masnih kiselina.

Tabela 4.5 Sastav masnih kiselina fleks proizvoda u zavisnosti od temperature sušenja

T (°C)	SAFA		MUFA	PUFA		Ukupne masne kiseline
	palmitinska C16:0	stearinska C18:0	oleinska C18:1	linolna C18:2	linolenska C18:3	
84	6,16±0,25 ^c	3,26±0,25 ^b	28,22±1,5 ^b	57,06±5,1 ^c	0,80±0,05 ^c	95,50±7,1 ^a
105	9,5±0,45 ^a	3,19±0,21 ^a	28,02±1,9 ^b	56,37±4,8 ^c	0,64±0,09 ^b	97,72±6,3 ^b
135	10,80±1,2 ^b	3,27±0,20 ^b	27,8±2,3 ^a	53,23±6,1 ^b	0,68±0,07 ^b	97,01±5,8 ^b
148	10,77±1,8 ^b	3,49±0,15 ^c	27,48±3,1 ^a	52,8±5,3 ^a	0,60±0,1 ^a	97,67±6,5 ^b

T- Temperatura sušenja, SAFA – zasićene masne kiseline, MUFA – mononezasićene masne kiseline, PUFA – polinezasićene masne kiseline (g/100 g masnih kiselina)

Različita slova u ekponentu vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od $p < 0,05$

Na osnovu analiziranog sastava masnih kiselina se vidi da u odnosu na fleks proizvod sušen na 148°C, fleks proizvod sušen na najnižoj temperaturi (84°C) ima znatno povoljniji sastav masnih kiselina (40% manji sadržaj palmitinske i 7% stearinske kiseline, a 3% veći sadržaj oleinske, 7% linolne i 25% linolenske kiseline).

4.1.5 Uticaj temperature sušenja na antioksidativnost fleks proizvoda

U tehnološkom postupku ekstrudiranja hrane teži se očuvanju prirodnog antioksidativnog potencijala sirovina (Filipović, Psodorov 2013). Primena različitih temperaturnih režima sušenja (84°C, 105°C, 135°C, 148°C) uticala je na fizičku, hemijsku, nutritivnu i senzornu sliku finalnog proizvoda (tabele 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5), pre svega, na sniženje sadržaja termolabilnih komponenta sirovine, pa i termolabilnih antioksidanata (tabela 4.6). Povećanjem temperature sušenja dolazi do statistički značajnog smanjenja sadržaja fenola na nivou $p < 0,05$, što je u skladu sa rezultatima mnogih istraživača (Bryngelsson i sar., 2002; Viscidi i sar., 2004; Del Pozo-Insfran i sar., 2006; Nwabueze, 2007).

Tabela 4.6 Uticaj temperature na sadržaj fenola i antioksidativnost fleks proizvoda

T (°C)	Sadržaj fenola (mg GAE/g s.e.)	Antiradikalska aktivnost ekstrakata	
		DPPH IC ₅₀ (mg/ml)	FRAP (µg AAE/g s.e.)
84	1,75±0,25 ^d	3,67±0,90 ^a	333,78±14,51 ^d
105	1,45±0,28 ^c	5,26±0,18 ^b	301,84±15,10 ^c
135	1,35±0,30 ^b	5,67±0,15 ^c	259,96±12,82 ^b
148	1,30±0,40 ^a	6,25±0,01 ^d	208,12±11,10 ^a

T - temperatura sušenja

Različita slova u ekponentu vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od $p < 0,05$

Rezultati takođe pokazuju da različiti termički tretmani sušenja utiču na promenu "skevindžer" efekta na DPPH-radikale (tabela 4.6), odnosno da se na višim temperaturama (105°C, 135°C, 148°C) statistički značajno ($p < 0,05$), smanjuje antioksidativna vrednost (izražena preko IC₅₀) etanolnih ekstrakata fleks proizvoda u odnosu na temperaturu od 84°C. Takođe se zapaža da sadržaj FRAP vrednosti opada sa porastom temperature sušenja, odnosno da fleks proizvod na temperaturi od 84°C ima najvišu vrednost FRAP-a.

4.1.6 Optimizacija temperature sušenja

Istraživanja u okviru ove teze obuhvataju izradu fleks proizvoda obogaćenog antioksidantima iz suvog ostatka divljeg origana i esencijalnim amino kiselinama konzumnog suncokreta. U cilju umanjenja negativnog uticaja temperature na sadržaj funkcionalnih komponenata u gotovom proizvodu, neophodno je optimizovati temperaturu sušenja fleks proizvoda.

Za optimizaciju temperature sušenja fleks proizvoda odabrane su karakteristike: kod kojih je došlo do najznačajnijih promena sa promenom temperature: stepen ekspanzije, hrskavost, sadržaj lizina, svetloća - L*, udeo žute boje - b*, sadržaj palmitinske, stearinske, linolne i linolenske kiseline i sva tri pokazatelja antioksidativnih karakteristika (sadržaj fenola, IC₅₀ i FRAP vrednosti). Pomenute karakteristike su najvažniji pokazatelji kvaliteta jer definišu nutritivna i funkcionalna svojstva fleks proizvoda.

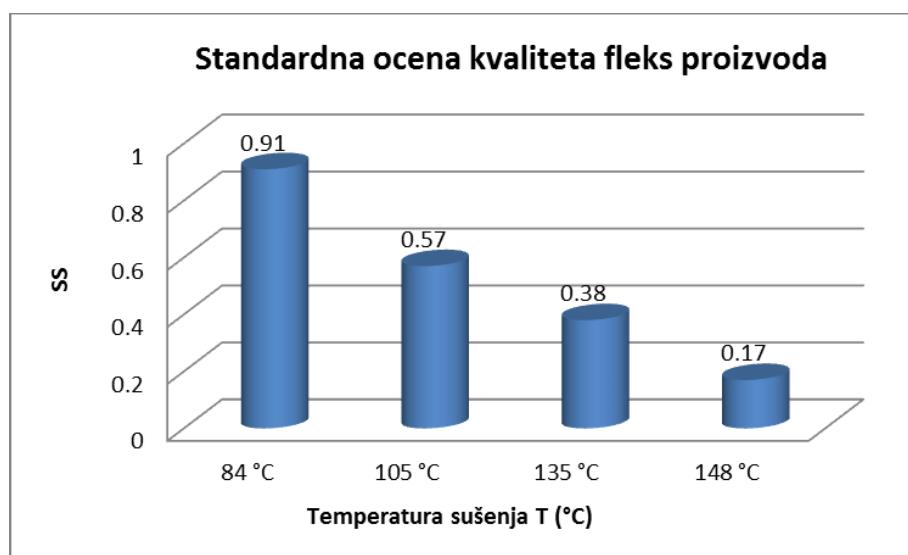
Standardne ocene fleks proizvoda (jednačine 15 i 16) na različitim temperaturama sušenja (84°C, 105°C, 135°C, 148°C) su prikazane u tabeli 4.7. Vrednost standardne ocene iznad 0,5 ukazuje na bolji kvalitet za posmatrane parametre, a kada je ocena manja od 0,5 pokazuje negativan uticaj na posmatrane karakteristike fleks proizvoda.

Tabela 4.7 Standardne ocene uticajnih parametara kvaliteta fleks proizvoda

T (°C)	SE	HRSK	Lizin	L*	b*	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	Fenoli	DPPH	FRAP
84	1,00	1,00	1,00	0,63	0,53	1,00	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
105	0,00	0,69	1,00	0,00	1,00	0,28	1,00	0,84	0,20	0,33	0,77	0,75
135	0,51	0,06	0,50	0,17	0,93	0,00	0,73	0,10	0,40	0,11	0,61	0,41
148	0,98	0,00	0,00	1,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

T - temperatura sušenja, SE – stepen ekspanzije, HRSK – hrskavost

Na slici 4.1 dat je grafički prikaz standardnih ocena fleks proizvoda dobijenih na osnovu izračunatih standardnih ocena odabranih parametra kvaliteta. Evidentno je fleks proizvod kod koga je u procesu proizvodnje primenjena najniža temperatura sušenja nakon ekstrudiranja poseduje i najbolji kvalitet (ocena 0,91).



Slika 4.1 Standardna ocena kvaliteta fleks proizvoda u zavisnosti od temperature sušenja

Primenom viših temperatura sušenja došlo je do značajnog pogoršanja kvaliteta, a intenzitet nastalih promena je u direktnoj korelaciji sa temperaturom sušenja. Standardne ocene fleks proizvoda smanjuju se 1,6 puta pri povećanju temperature sa 84°C na 105°C i sa 105°C na 135°C, odnosno 2,2 puta kada se temperatura povećava na 148°C.

Na osnovu prikazanih rezultata ispitivanja fizičkih, hemijskih i antioksidativnih osobina, kao i primene Score analize eksperimentalnih podataka zapaža se da je optimalna temperatura sušenja fleks proizvoda 84°C.

4.2 UTICAJ FUNKCIONALNIH KOMPONENTI NA REOLOŠKE OSOBINE KUKURUZNOG BRAŠNA

U poglavlju 4.1 je diskutovan uticaj različitih temperatura sušenja na nutritivne i funkcionalne karakteristike fleks proizvoda. Pri optimalnoj temperaturi sušenja od 84°C pratiće se uticaj dodatka konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) i suvog ostatka divljeg origana (0,5% i 1%) na osobine gotovog proizvoda. Poznato je da je u tehnologiji ekstrudiranja žita najzastupljenija sirovina kukuruz. Zahvaljujući velikom sadržaju skroba, u uslovima precizno određene temperature i pritiska unutar ekstrudera, jednom formirani gel ostaće u elastičnom viskoznom stanju, sve dok produkt ne izađe iz kalupa.

Od sadržaja vlage i pritiska u ekstruderu zavisice da li će nakon izlaska iz kalupa doći do naglog povećanja zapremine (ekspandiranje) ili će se zapremina povećati u naknadnom termičkom tretmanu, kao što je slučaj u proizvodnji fleks proizvoda. Ako se ekstrudira smeša kukuruza i drugih sirovina, svaki dodatak utiče na smanjenje zapremine, odnosno direktno utiče na osobine skroba (Riaz, 2007).

Rezultati odreživanja viskozitetnog profila čistog kukuruznog brašna, kao i smeše sa dodatkom konzumnog suncokreta (0%, 3%, 6% i 9%) i suvog ostatka divljeg origana (0%, 0.5% i 1%), prikazani su u tabeli 4.8.

Tabela 4.8 Vrednosti parametara viskozitetnog profila smeše sirovina za izradu fleks proizvoda

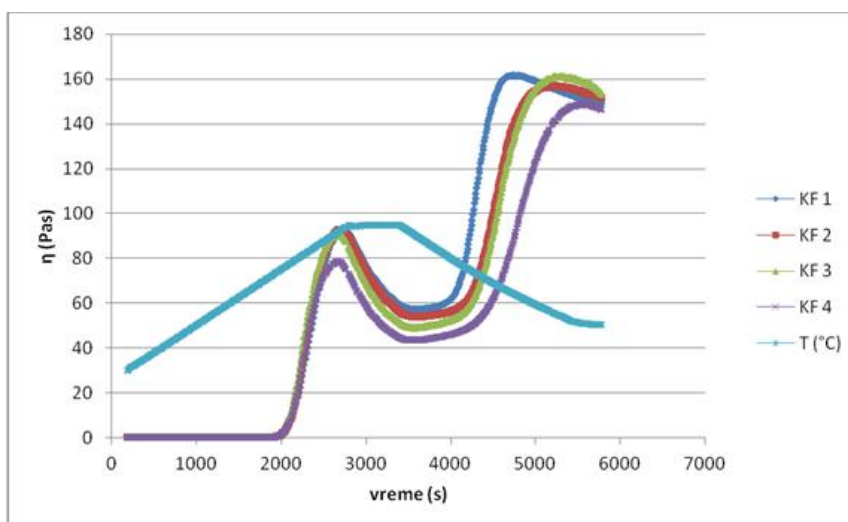
Uzorak	Tg (°C)	PV (Pas)	HPV (Pas)	PV-HPV (Pas)	CPV (Pas)	CPV-HPV (Pas)	CPV-PV (Pas)
KF1	74,50	92,56	57,19	35,37	161,60	104,41	69,04
KF2	74,49	92,83	54,10	38,73	157,00	102,90	64,17
KF3	74,14	90,74	49,07	41,67	161,20	112,13	70,46
KF4	74,50	78,72	43,76	34,96	149,30	105,54	70,58
KF5	74,45	94,05	58,76	35,29	173,30	114,54	79,25
KF6	74,54	89,95	52,65	37,30	164,30	111,65	74,35
KF7	74,80	79,10	43,54	35,56	148,10	104,56	69,00
KF8	74,50	73,03	40,84	32,23	141,10	100,26	68,07
KF9	74,83	93,64	59,41	34,23	171,40	111,99	77,76
KF10	74,51	87,45	48,71	38,74	160,40	111,69	72,95
KF11	74,84	75,50	41,86	33,70	147,00	105,14	71,50
KF12	74,47	73,36	41,65	31,71	152,10	110,45	78,74

Tg-početak želatinizacije, PV-maksimalni viskozitet, HPV- viskozitet tople paste, PV-HPV-iznos razrušavanja, CPV-viskozitet hladne paste, CPV-HPV - Iznos retrogradacije, CPV-PV- totalni iznos retrogradaci

Temperatura početka želatinizacije svih posmatranih smeša kukuruz-suncokret-origano (KF1-KF12) je približno 74°C, odnosno, dodatak konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana nema značajan uticaj na temperaturu početka želatinizacije skroba (tabela 4.8). Vrednosti svih ostalih parametara viskozitetnog profila su značajno više uslovljene količinom funkcionalnih dodataka u sirovinskom sastavu proizvoda. Dodatak 9% konzumnog suncokreta smanjuje maksimalni viskozitet za 15%, viskozitet tople paste za 2%, a viskozitet hladne paste za 10% u odnosu na uzorak KF1.

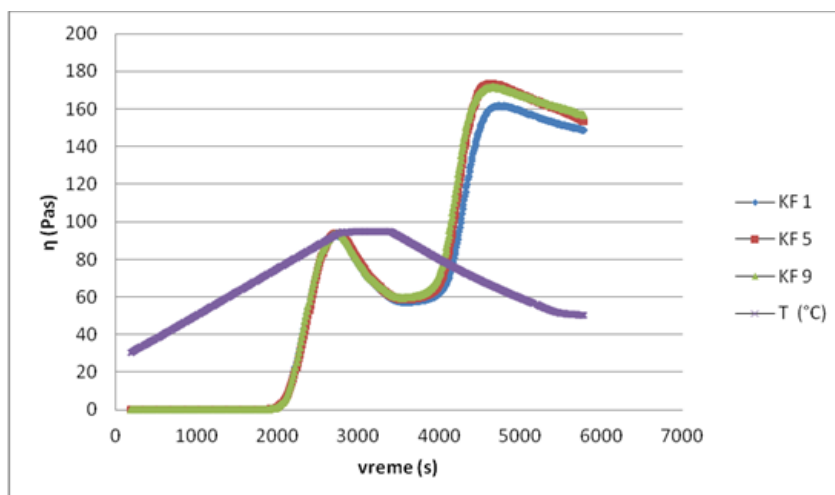
U cilju sagledavanja pojedinačnog uticaja funkcionalnih dodataka na ispitivane reološke parametre prikazan je viskozitetni profil uzoraka fleks proizvoda sa rastućom količinom konzumnog suncokretaa, bez dodatka divljeg origana (KF1, KF2, KF3 i KF4) na slici 4.2 i viskozitetni profil uzoraka KF1, KF5 i KF9 sa 0%, 0,5% i 1% divljeg origana, bez dodatka konzumnog suncokreta.

Na osnovu slike 4.2 uočava se da dodatak konzumnog suncokreta utiče na promenu maksimalnog viskoziteta (PV), viskoziteta tople (HPV) i hladne paste (CPV), pri čemu krive promene viskoziteta uzoraka KF2, KF3 i KF4 odstupaju od krive uzorka KF1 bez konzumnog suncokreta. Takođe je evidentno da se krive uzoraka KF2 i KF3 gotovo poklapaju, dok su reološki parametri uzorka KF4 značajno različiti i u odnosu na uzorak KF1, ali i na uzorke sa 3% (KF2), odnosno 6% konzumnog suncokreta (KF3)



Slika 4.2 Promena viskoziteta suspenzije kukuruznog brašna sa dodatkom konzumnog suncokreta (0%, 3%, 6% i 9%)

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 4.8 i grafika na slici 4.3 zapaženo je da promene reoloških parametara u funkciji količine divljeg origana znatno slabije izražene, što je verovatno posledica i njegovog manjeg udela u smeši u odnosu na konzumni suncokret. Takođe je primetno da razlike u količini divljeg origana ne utiču značajno na promenu viskoziteta smeše. Razlike se ipak uočavaju u viskozitetu hladne paste, koji je kod uzorka KF5 veći za 7% u odnosu na uzorak KF1.



Slika 4.3 Promena viskoziteta suspenzije kukuruznog brašna sa dodatkom suvog ostatka divljeg origana (0%, 0,5%, i 1%)

U SOP modelu, (jednačina 10) tabela 4.8.1 za izračunavanje Tg fleks proizvoda najveći uticaj imaju linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana, statistički značajno na nivou $p < 0,10$.

Dodatak konzumnog suncokreta u kukuruzno brašno uticao je na smanjenje maksimalnog viskoziteta (PV), viskoziteta tople paste (HPV) i viskoziteta hladne paste (CPV), a opšte je poznato da su sadržaj amiloze i parametri krive viskoziteta (PV, HPV, CPV) u negativnoj korelaciji (Sasaki, 2005; Sweedman i sar., 2013), te je stoga dodatak konzumnog suncokreta sa malim sadržajem skroba od 6,73% (tabela 3.2) doveo do smanjenja viskoziteta (PV, HPV, CPV). Ondo i sar. (2013.) u svojim su istraživanjima zaključili da viskoznost paste prvenstveno zavisi od stepena želatinizacije molekula skroba, njihovom stepenu degradacije, kao i sklonosti ka retrogradaciji usled hlađenja.

Dodatak suvog ostatka divljeg origana (0.5% i 1%) kod uzoraka KF5 i KF9 uticao je na povećanje maksimalnog viskoziteta i viskoziteta tople paste u odnosu na uzorak KF1, što se pretpostavlja da je posledica velike količine celuloznih materija u suvom ostatku divljeg origana.

U SOP modelu najveći uticaj na PV ima linearni član sadržaja konzumnog suncokreta ($p < 0,05$) i sadržaja suvog ostatka divljeg origana ($p < 0,01$). Na HPV takođe statistički značajno utiču linearni članovi suncokreta ($p < 0,05$) i suvog ostatka divljeg origana na nivou $p < 0,10$. Na parametar PV-HPV statistički značajan uticaj ima linearni članovi za sadržaj suncokreta ($p < 0,05$) i origana na nivou $p < 0,10$ i kvadratni član origana ($p < 0,01$).

Na parametar CPV najveći uticaj ima linearni član sadržaja origana na nivou značajnosti $p < 0,01$, a na CV-PV linearni član sadržaja suncokreta ($p < 0,05$). Na osnovu prikazanih rezultata zapaža se da je konzumni suncokret imao dominantan uticaj na maksimalni viskozitet i viskozitet tople paste smeše. Najmanji iznos retrogradacije i totalni iznos retrogradacije je kod uzorka KF2, a najveće vrednosti zabeležene su kod uzorka KF5 (uzorak bez konzumnog suncokreta).

Tabela 4.8.1 Analiza uticaja članova SOP modela na viskozni profil fleks proizvoda

	df	Tg	PV	HPV	PV-HPV	CPV	CPV-HPV	CV-PV
suncokret	1	0,242**	105,364*	27,804*	24,711*	0,001	27,566	104,901*
suncokret ²	1	0,016	10,381	1,557	3,884	2,915	0,211	2,294
origano	1	0,001	726,908 ⁺	552,691 ⁺	11,758**	903,586 ⁺	42,907	9,601
origano ²	1	0,013	4,491	16,080	37,626 ⁺	14,044	0,069	34,418
suncokret×origano	1	0,053	11,550	2,440	3,329	31,384	16,323	4,856
greška	6	0,451	79,903	34,628	18,872	264,835	154,396	97,489

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Na osnovu rezultata merenja parametara viskozitetnog profila fleks proizvoda sa dodatkom suncokreta i suvog ostatka divljeg origana u tabeli 4.8.2 uočava se da vrednosti regresionih koeficijenata za origano nisu statistički značajne. Na sve parametre viskozitetnog profila najveći značaj ima nulti član, odnosno viskozitetni profil zavisi od osobina kukuruza, dok je za promenu HPV i PV-HPV značajan i uticaj količine suncokreta.

Primenom jednačina [11], [12], [13] i [14] na eksperimentalne rezultate utvrđeno je da li odabrani model može poslužiti za predviđanje reoloških parametra (tabela 4.8.3).

Tabela 4.8.2 Regresioni koeficijenti za predikciju parametara viskozitetnog profila fleks proizvoda

	Tg	PV	HPV	PV-HPV	CPV	CPV-HPV	CV-PV
nulti član	74,18±0,16 ⁺	97,35±2,18 ⁺	60,63±1,43 ⁺	36,71±1,06 ⁺	167,44±3,96 ⁺	106,81±3,02 ⁺	70,09±2,40 ⁺
suncokret	0,85±0,65	-11,78±8,65	-5,23±5,70	-6,54±4,20	0,81±15,75	6,03±12,03	12,58±9,56
suncokret²	-0,31±0,61	7,80±8,17	3,02±5,38	4,77±3,97	4,13±14,88	1,11±11,36	-3,66±9,03
origano	0,06±0,07	-1,29±0,99	-2,91±0,65 ⁺	1,62±0,48 ⁺	-2,98±1,80	-0,07±1,37	-1,69±1,09
origano²	0,00±0,01	-0,07±0,11	0,13±0,07	-0,19±0,05 ⁺	0,12±0,19	-0,01±0,15	0,18±0,12
suncokret × origano	-0,05±0,05	-0,67±0,66	-0,31±0,44	-0,36±0,32	-1,10±1,21	-0,79±0,92	-0,43±0,73

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; * statistički značajno na nivou p<0,05;

** statistički značajno na nivou p<0,10

Tabela 4.8.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju parametara viskozitetnog profila fleks proizvoda

	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r²
Tg	0,149	0,481	0,000	0,709	0,475
PV	23,744	4,495	0,000	7,615	0,920
HPV	10,209	2,982	0,000	9,278	0,950
PV-HPV	6,010	2,218	0,000	9,307	0,803
CPV	72,338	8,149	0,000	8,174	0,784
CPV-HPV	43,413	6,220	0,000	8,715	0,342
CV-PV	27,240	4,952	0,000	10,724	0,604

Dobijene vredosti statističkih parametara ukazuju da je predikcija parametara PV, HPV, PV-HPV, CPV, CV-PV pouzdana i da je dobro poklapanje teorijskih vrednosti sa eksperimentalnim rezultatima. Sa druge strane na osnovu niske vrednosti koeficijenta determinacije za parametre Tg i CPV-HPV (0,475 i 0,342) evidentno je da se predviđanje njihove vrednosti ne može vršiti na bazi ovih modela.

4.3 KARAKTERISTIKE FLEKS PROIZVODA SA DODATKOM FUNKCIONALNIH KOMONENTI

Uticaj količine i vrste dodataka na karakteristike fleks proizvoda ispitan je praćenjem fizičkih, nutritivnih, senzorskih, mikrobioloških i funkcionalnih osobina gotovog proizvoda.

4.3.1 Fizičke karakteristike fleks proizvoda

Sa dodatkom konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) nasipna masa ekstrudiranog proizvoda se statistički značajno povećava, dok je dodatak suvog ostatka divljeg origana (0,5% i 1%) izazvao suprotan efekat, tabela 4.9 i slika 4.1. Rezultati su u saglasnosti sa prikazanim viskozitetnim profilom (vrednosti: PV, HPV i CPV), tabela 4.7.

U SOP modelu za izračunavanje nasipne mase fleks proizvoda, tabela 4.9.1, najveći uticaj imaju linearni član sadržaja suncokreta i linearni član sadržaja origana, statistički značajno na nivou $p < 0,01$. Dodatak konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) uticao je na značajno smanjenje stepena ekspanzije dok jesuvi ostatak divljeg origana (0,5% i 1%) statistički značajno povećao stepen ekspanzije fleks proizvoda, slika 4.1b. Najveći uticaj na stepen ekspanzije (tabela 4.9.1) u SOP modelu imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta (na pragu $p < 0,01$) i sadržaja suvog ostatka divljeg origana (na pragu $p < 0,05$). Pozitivan doprinos stepenu ekspanzije je verovatno je posledica prisustva njegove celulozne komponente koja nije sprečavala mehuriće vazduha da se prošire do svog maksimalnog potencijala (Anton i sar., 2009).

Rezultati nasipne mase su obrnuto proporcionalni rezultatima stepena ekspanzije (tabela 4.9). Fleks proizvod sa dodatkom konzumnog suncokreta ima veću nasipnu masu i statistički značajno niži stepen ekspanzije srazmerno količini dodatog konzumnog suncokreta, što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Anton i sar., 2009 i Jozinović i sar., 2016).

Testuralne karakteristike tvrdoća i rad kompresije fleks proizvoda sa dodatkom konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana prikazani su u tabli 4.9. Najveća tvrdoća (28,34 g) je zabeležena kod uzorka KF12, dok je najniža vrednost tvrdoće zabeležena kod uzorka KF9 (8,88 g). Između uzoraka KF1, KF2, KF3, KF4, KF5, KF6, KF7, KF8, KF11 i KF12, nisu uočene statistički značajne razlike u tvrdoći, dok se vrednosti pomenutih teksturalnih parametara kod uzoraka KF9 i KF10 statistički značajno razlikuju. Za izračunavanje tvrdoće fleks proizvoda (tabela 4.9.1) najveći uticaj imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta ($p < 0,01$) i nelinearni član proizvoda suncokret \times origano, statistički značajno na nivou $p < 0,01$.

Dodatak konzumnog suncokreta uticao je na povećanje tvrdoće fleks proizvoda, slika 4.1c. Dobijeni rezultati su u skladu sa podacima Jozinović i sar. (2016) koji su utvrdili da teksturalne karakteristike veoma zavise od stepena ekspanzije odnosno, fleks proizvod sa većim stepenom ekspanzije ima manju tvrdoću i rad kompresije. Dodatak suvog ostatka divljeg origana doprinosi povećanju tvrdoće (KF5, KF6, KF7, KF8, KF12), što je u saglasnosti sa ispitivanjima Yanniotis i sar., (2007), Lazou i Krokida (2010) i Nascimento i sar., (2012). Isti efekat ima i dodatak konzumnog suncokreta na rad kompresije, slika 4.1d.

Tabela 4.9 Fizičke i teksturalne karakteristike fleks proizvoda

Uzorak	Fizičke karakteristike		Teksturalne karakteristike			
	NM (gml ⁻¹)	SE (mlg ⁻¹)	TV (kg)	RK (kgs ⁻¹)	PRH (N/A)	HRSK (gs)
KF1	215,0±3,6 ^b	6,46±2,89 ^b	14,35±2,68 ^{ab}	8,27±1,17 ^a	20,2±2,1d ^{ef}	59338,0±121,3 ^a
KF2	227,5±2,1 ^c	6,21±0,11 ^c	15,63±5,80 ^{ab}	8,86±1,18 ^a	12,8±2,3 ^{ab}	56755,6±150,2 ^h
KF3	242,3±6,1 ^d	6,00±0,10 ^d	17,22±7,99 ^{ab}	10,10±2,30 ^a	12,8±1,8 ^{ab}	49271,9±109,3 ^e
KF4	323,4±3,0 ^e	4,20±0,09 ^e	20,64±7,85 ^{ab}	11,40±3,27 ^a	5,6±2,6 ^g	59979,3±145,6 ^j
KF5	161,6±1,6 ^f	8,60±0,13 ^f	15,51±1,51 ^{ab}	7,79±1,91 ^a	21,8±1,5 ^{ef}	59369,0±116,3 ^a
KF6	194,6±0,5 ^g	7,01±10,31 ^g	16,42±5,36 ^{ab}	8,42±1,97 ^a	17,0±1,9 ^{acde}	54884,6±162,1 ^g
KF7	222,4±0,3 ^{ch}	5,82±2,89 ^{dh}	18,53±4,14 ^{ab}	9,17±2,57 ^a	13,2±3,5 ^{abc}	53212,2±106,0 ^f
KF8	302,4±1,3 ⁱ	4,43±0,02 ⁱ	23,76±2,70 ^a	12,17±1,01 ^a	6,4±1,4 ^g	48824,2±118,8 ^d
KF9	150,2±1,2 ^j	9,36±5,77 ^j	8,88±3,95 ^b	4,94±0,40 ^a	23,6±1,8 ^f	42094,4±124,6 ^b
KF10	197,5±0,5 ^{gk}	7,10±2,89 ^{gk}	9,62±1,79 ^b	5,35±1,69 ^a	19,4±2,5 ^{cdef}	44574,3±107,4 ^c
KF11	213,1±0,2 ^{bl}	6,36 ±5,77 ^{bcl}	14,15±2,17 ^{ab}	7,00±1,09 ^a	14,8±2,3 ^{acd}	57420,8±116,3 ⁱ
KF12	253,7±2,6 ^m	7,86±5,77 ^a	28,34±3,74 ^a	17,68±1,09 ^a	8,2±1,2 ^{bg}	83602,0±105,6 ^k

NM - nasipna masa, SE - stepen ekspanzije, TV - tvrdoća, RK - rad kompresije, PRH - prhkost, HRS - hrskavost

Različita slova u ekponentu vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od p<0,05.

Sirovinski sastav uzoraka dat je u tabeli 3.4

Najveći uticaj na rad kompresije u SOP modelu imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta ($p < 0,01$) kao i kvadratni član sadržaja konzumnog suncokreta i nelinearni član proizvoda suncokret \times origano ($p < 0,05$), tabela 4.9.1. Dodatak suvog ostatka divljeg origana (0,5% i 1%) je izazvalo kontinuirano smanjenje rada kompresije (KF1, KF2, KF3, KF5, KF6, KF7, KF9, KF10, KF11). Kod uzoraka KF4, KF8 i KF12, sa maksimalnim udelom konzumnog suncokreta, pomenuto smanjenje je izostalo, verovatno zbog proteina i skroba kukuruza koji stvaraju komplekse sa lipidima suncokreta (Camire 2000).

Dodatak konzumnog suncokreta (3%,6% i 9%) u fleks proizvod dovodi do povećanja prhkosti koje nije statistički značajno. Dodatak suvog ostatka divljeg origana (0.5% i 1%), međutim, ima suprotan efekat i uzrokuje statistički značajno smanjenje prhkosti (tabela 4.9, slika 4.1 b). Na prhkost fleks proizvoda (tabela 4.9.1) najveći statistički značajan uticaj ima linearni član sadržaja konzumnog suncokreta, na nivou $p < 0,01$. Dodatak funkcionalnih komponenti je statistički značajno uticao na hrskavost fleks proizvoda, tabela 4.9. Najveći uticaj na hrskavost u SOP modelu, tabela 4.9.1, ima nelinearni član proizvoda suncokret \times origano ($p < 0,05$).

Tabela 4.9.1 Analiza uticaja članova SOP modela na fizičke karakteristike proizvoda

	df	NM	SE	TV	RK	PRH	HRSK
suncokret	1	24815,40 ⁺	13,15 ⁺	155,90 ⁺	72,17 ⁺	431,76 ⁺	2,4E+08
suncokret ²	1	750,05	0,64	58,60	16,84 [*]	0,12	8,9E+07
origano	1	4241,00 ⁺	7,60 ⁺	22,10	2,35	18,02 ^{**}	7,9E+06
origano ²	1	83,92	0,19	7,97	0,04	0,57	9,8E+06
sunc \times orig	1	114,33	0,20	104,72 [*]	27,28 [*]	0,13	4,6E+08 [*]
greška	7	2197,31	5,91	87,88	21,08	28,61	4,7E+08

NM - nasipna masa, SE - stepen ekspanzije, TV - tvrdoća, RK - rad kompresije, PRH - prhkost,

HRS - hrskavost

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

U tabeli 4.9.2 prikazani statistička značajnost koeficijenata regresionog modela, a utabeli 4.9.2 parametri koji ukazuju da li je odabranim modelom moguće predvideti fizičkih i teksturalnih karakteristika fleks proizvoda. Najveći statistički značaj kod svih ispitivanih parametara ima nulti član koji ukazuje koje su teorijske vrednosti parametara kod uzorka bez dodatka funkcionalnih komponenti. Izračunate vrednosti su relativno usglašene sa dobijenim eksperimentalnim vrednostima, tabela 4.9.1.

Tabela 4.9.2 Rregresioni koeficijenti za predikciju fizičkih i teksturalnih karakteristika fleks proizvoda

	NM	SE	TV	RK	PRH	HRSK
nulti član	192,67±11,41 ⁺	7,56±0,59 ⁺	20,51±2,28 ⁺	10,11±1,12 ⁺	21,36±1,30 ⁺	61478,72±5300,94 ⁺
suncokret	6,29±5,18	-0,57±0,27 ^{**}	-2,13±1,04 ^{**}	-0,97±0,51 ^{**}	-1,65±0,59 [*]	-3497,67±2408,44
suncokret²	0,86±0,55	0,03±0,03	0,24±0,11 ^{**}	0,13±0,05 [*]	-0,01±0,06	294,48±257,53
origano	-57,04±45,37	0,41±2,35	-5,42±9,07	-5,17±4,44	0,75±5,18	-24740,28±21080,23
origano²	22,16±42,87	1,07±2,22	-6,83±8,57	-0,49±4,20	1,82±4,89	7586,26±19917,47
sunc × orig	-2,10±3,48	0,09±0,18	2,01±0,70 [*]	1,03±0,34 [*]	0,07±0,40	4235,92±1617,19 [*]

NM - nasipna masa, SE - stepen ekspanzije, TV - tvrdoća, RK - rad kompresije, PRH - prhkost, HRS - hrskavost

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05;

^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Tabela 4.9.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju fizičkih i teksturalnih karakteristika fleks proizvoda

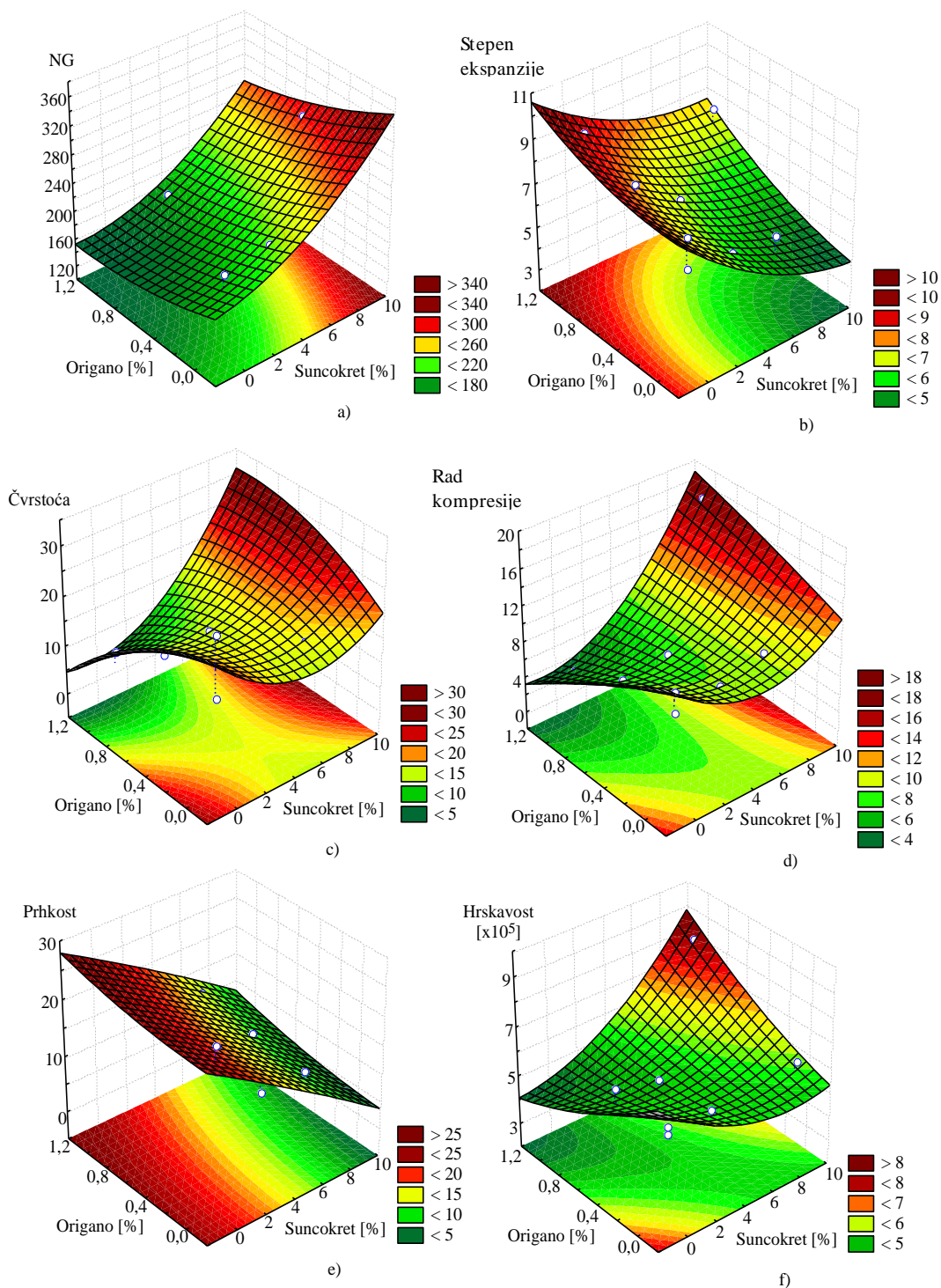
	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r^2
NM	7,32E+02	2,34E+01	-2,13E-14	1,69E+01	0,928
SE	1,97E+00	1,22E+00	-5,55E-15	2,91E+01	0,779
TV	2,93E+01	4,69E+00	8,88E-16	3,24E+01	0,788
RK	7,03E+00	2,30E+00	-9,10E-15	3,66E+01	0,838
PRH	9,54E+00	2,67E+00	-7,33E-15	2,35E+01	0,941
HRSK	1,58E+08	1,09E+04	9,09E-12	2,85E+01	0,615

NM - nasipna masa, SE - stepen ekspanzije, TV - tvrdoća, RK - rad kompresije, PRH - prhkost, HRS - hrskavost

Uočava se da origano (linerni i kvadratni član) ne utiče na fizičke i teksturalne karakteristike što je posledica malog udela origana u sirovinskom sastavu fleks proizvoda. Statistički značajne vrednosti regresionih parametara na nivou $p < 0,10$ su za SE, TV i RK za linearni član suncokreta, a za TV i kvadratni član suncokreta. Najveći statistički značaj za parametre SE, TV i RK ima linearni regresioni član količina suncokreta, a za TV pored pomenutog linearnog člana i kvadratni član količine suncokreta.

Niske vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE i MPE, kao i visoka vrednost koeficijenta determinacije, prikazane u tabeli 4.9.3, ukazuju na pouzdanu predikciju (NM, RK i PRH) i na dobro poklapanje teorijskih i eksperimentalnim rezultatima. Manje pouzdani rezultati se mogu dobiti pri predviđanju vrednosti parametara: SE i TV je vrednost koeficijenta determinacije $r^2 = 0,779$, odnosno $0,788$. Najmanje pouzdana je predikcija hrskavosti proizvoda ($r^2 = 0,615$).

3D grafici na slici 4.4, ilustruju zavisnost fizičkih i teksturalnih karakteristika funkcionalnog proizvoda od nezavisno promenljivih (konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana). Na osnovu grafika na slici 4.4 c i d se zapaža da sa povećanjem količine origana i suncokreta dolazi do povećanja čvrstoće i rada kompresije. Step en ekspnzije i prhkost (grafici b i e) su u pozitivnoj korelaciji sa količinom origana, a negativnoj sa količinom suncokreta.



Slika 4.4 Uticaj funkcionalnih komponenti na fizičke karakteristika fleks proizvoda a) nasipna masa b) stepen ekspanzije c) čvrstoća d) rad kompresije e) prhkost f) hrskavost

4.3.2 Boja fleks proizvoda

Rezultati određivanja boje u funkciji količine funkcionalnih dodataka prikazani su u tabeli 4.10. Statistički značajne razlike primećene su kod svih uzoraka za svetloću proizvoda (parametar L^*), što je posledica uticaja konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana na smanjenje sjaja fleks proizvoda. Najveća vrednost L^* (85,50) je zabeležena kod uzorka KF11, dok je najniža vrednost L^* (74,25) registrovana kod uzorka KF12 sa najvećim udelom funkcionalnih dodataka. Tend promena funkcionalnih dodataka na posmatrani parametar ilustruje slika 4.5a. Smanjenje vrednosti svetloće L^* , odnosno tamnija boja fleks proizvoda je u saglasnosti sa rezultatima Jozinović i sar. (2016). Statističkom obradom rezultata primenom polinoma drugog stepena izračunate su vrednosti L^* fleks proizvoda, tabela 4.10.1. Najveći uticaj na pomenutu zavisno promenljivu imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana, statistički značajno na nivou $p < 0,01$.

Kod udela crvene/zelene boje (a^*) utvrđeno je da nema statistički značajne razlike između većine uzoraka, kod svih uzora dominantan zeleni ton (slika 4.5b). Statističkom analizom eksperimentalnih rezultata utvrđeno je da najveći uticaj na parametar a^* (tabela 4.10.1), imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta, linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana i kvadratni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana ($p < 0,01$).

Statistički značajne razlike u udelu žute boje (parametar b^*) zabeležene su kod uzoraka sa većim sadržajem konzumnog suncokreta. Dodatak suvog ostatka divljeg origana je statistički značajno uticao ($p < 0,05$) na smanjenje žute boje (b^*).

Tabela 4.10 Boja fleks proizvoda u funkciji količine funkcionalnih komponenti

Uzorak	L*	a*	b*	W	C	h
KF1	85,50±0,85 ^a	-1,06±0,11 ^a	34,06±2,19 ^{ac}	62,97±2,34 ^{bcd}	34,08±2,18 ^{ab}	91,80±0,30 ^a
KF2	82,23±0,12 ^b	-1,17±0,11 ^{ab}	38,54±0,95 ^b	58,86±1,60 ^{bc}	38,55±0,95 ^d	91,74±0,14 ^a
KF3	81,80±0,43 ^b	-1,26±0,13 ^{ab}	36,88±1,58 ^{ab}	58,61±2,27 ^{abd}	36,90±1,58 ^{ad}	91,98±0,28 ^a
KF4	79,26±0,87 ^c	-1,52±0,14 ^b	35,78±2,14 ^{ab}	57,55±0,484 ^a	35,82±2,13 ^{acde}	92,45±0,37 ^a
KF5	83,15±0,45 ^{ab}	-1,12±0,21 ^{ab}	30,95±0,80 ^{cd}	64,74±0,83d ^e	30,97±0,80 ^b	92,08±0,39 ^a
KF6	82,20±0,47 ^b	-1,12±0,12 ^{ab}	33,05±1,29 ^{ac}	62,44±1,33 ^{bcd}	33,07±1,28 ^{abf}	91,95±0,27 ^a
KF7	79,05±0,75 ^c	-1,37±0,20 ^{ab}	33,52±0,57 ^{ac}	60,45±0,76 ^{abc}	33,55±0,57 ^{ab}	92,34±0,7 ^a
KF8	78,13±0,28 ^c	-1,44±0,05 ^{ab}	32,40±0,15 ^{ac}	60,88±0,18 ^{abcd}	32,43±0,15 ^{be}	92,55±0,1 ^a
KF9	82,51±0,64 ^b	-1,05±0,16 ^a	27,26±1,00 ^d	67,59±1,10 ^e	27,28±1,00 ^f	92,20±0,34 ^a
KF10	80,74±0,35 ^{bc}	-1,00±0,04 ^a	29,68±1,28 ^{cd}	64,60±1,23 ^{de}	29,70±1,28 ^{bf}	91,93±0,10 ^a
KF11	77,85±0,59 ^c	-1,00±0,16 ^a	32,44±0,69 ^{ac}	60,70±0,31 ^{abcd}	32,46±0,40 ^{ab}	91,76±0,27 ^a
KF12	74,25±0,88 ^d	-0,96±0,13 ^a	32,04±1,60 ^c	59,44±1,42 ^{abc}	32,06±1,60 ^{bc}	91,72±0,28 ^a

Različita slova u eksponentu vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od $p < 0,05$.

Sastav eksperimentalnih uzoraka je objašnjen u tabeli 3.4,

L - svetloća, a – udeo crveno/zelena boje, b - udeo žuto/plava boje, W-udeo bele boje, C - obojenost, h - razlika u tonovima.

Primenom polinoma drugog stepena utvrđena je zavisnost parametra b^* od nezavisno promenljivih (tabela 4.10.1, slika 4.5 c). Dobijeni rezultati ukazuju da najveći uticaj na ispitivanu zavisno promenljivu imaju kvadratni član sadržaja konzumnog suncokreta i linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana ($p < 0,01$). Linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i nelinearni član interakcije nezavisno promenljivih suncokret \times origano, imaju statistički značajan uticaj na udeo žute boje na manjem nivou značajnosti ($p < 0,05$).

Dodatak konzumnog suncokreta je statistički značajno uticao na pad vrednosti bele boje (W^*), a dodatak suvog ostatka divljeg origana je doveo do povećanja vrednosti bele boje (W^*). Trend promene vrednosti W u funkciji količine funkcionalnih dodataka najbolje ilustruje dijagram prikazan na slici 4.5d. Maksimalna vrednost parametra W od 70 se može dobiti dodatkom maksimalnom količinom origana. Primenom matematičkog modela (model 8) utvrđeno je da na zavisno promenljivu W^* najveći uticaj imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana ($p < 0,01$), kao i nelinearni član interakcije nezavisno promenljivih suncokret \times origano na manjem pragu značajnosti ($p < 0,05$), tabela 4.10.1.

Tabela 4.10.1 Analiza uticaja članova SOP modela na parametre boje fleks proizvoda

	df	L*	a*	b*	W	C	h
suncokret	1	78,511 ⁺	0,111 ⁺	9,834 [*]	56,892 ⁺	1135,442 ^{**}	0,121 [*]
suncokret²	1	0,070	0,004	10,370 ⁺	3,855 ^{**}	234,199	0,094 ^{**}
origano	1	24,996 ⁺	0,130 ⁺	81,485 ⁺	31,226 ⁺	347,172	0,012
origano²	1	0,024	0,051 ⁺	2,454	2,451	209,893	0,231 ⁺
sunc \times orig	1	1,842	0,093 ⁺	7,206 [*]	6,027 [*]	1191,313 ^{**}	0,459 ⁺
greška	7	4,043	0,027	5,906	6,108	1495,186	0,119

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Maksimalna obojenost 38,55 (parametar C) izmerena je u uzorku KF2 (3% konzumnog suncokreta i 0% suvog ostatka divljeg origana) a najniža C vrednosti (27,28) u uzorku KF9 (0% konzumnog suncokreta i 1% suvog ostatka divljeg origana), slika 4.2e. Dodatak konzumnog suncokreta statistički značajno uticao na povećanje parametra C dok je dodatak suvog ostatka divljeg origana (0.5% i 1%) doprineo statistički značajnom smanjenju vrednosti C što je rezultiralo intenzivnijem obojenjem fleks proizvoda.

Primenom matematičkog modela (jednačina 8) utvrđena je zavisnost odziva od količine funkcionalnih dodataka. Na osnovu dobijenih rezultata u tabeli 4.10.1 uočava se da najveći uticaj na parametra C imaju linearni član sadržaja suncokreta i nelinearni član interakcije dodataka suncokret × origano, na nivou $p < 0,10$.

Razlika u tonovima h nije bila statistički značajno različita kod svih uzoraka što ukazuje da konzumni suncokret i suvi ostatak divljeg origana nije uticao na razlike u tonovima. Maksimalna vrednost h dobijena je za uzorak KF8 (92,55), a najniža vrednost (91,72) za uzorak KF12. Na osnovu statističke obrade podataka primenom matematičkog, utvrđeno je da najveći uticaj na parametar h, , imaju nelinearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana i nelinearni član interakcije dodataka suncokret × origano ($p < 0,01$), kao i linearni član sadržaja konzumnog suncokreta na manjem pragu značajnosti ($p < 0,05$), tabela 4.10.1. Uticaj funkcionalnih dodataka na boju fleks proizvoda je delom posledica karakteristične boje samih dodataka, a delom posledica različitih Millard reakcija (Filipović i sar., 2010).

U tabeli 4.10.2 prikazani su koeficijenti regresionog modela sa njihovom statističkom značajnošću. Rezultati regresione analize prikazani u tabeli 4.10.1 su delimično usaglašeni sa rezultatima primene SOP modela na eksperimentalne podatke. Regresionom analizom utvrđena je manja značajnost linernog člana promenjive količina suncokrta.

U cilju verifikacije odabranih matematičkih modela izračunate su vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE, MPE i r^2 (tabela 4.10.3), na osnovu kojih možemo uočiti da se karakteristike boje (L^* , a^* , b^* , W, h) mogu pouzdano predvideti, jer su vrednosti koeficijenta determinacije u intervalu od 0,934 do 0,966. Manje pouzdani rezultati se mogu dobiti pri predviđanju vrednosti parametra C, jer je vrednost parametra χ^2 izuzetno visoka (498,435), kao i RMSE (19,334) i MPE (72, 872), a koeficijenti determinacije najniži (0,654).

Tabela 4.10.2 Regresi koeficijenti modela za predikciju boje fleks proizvoda

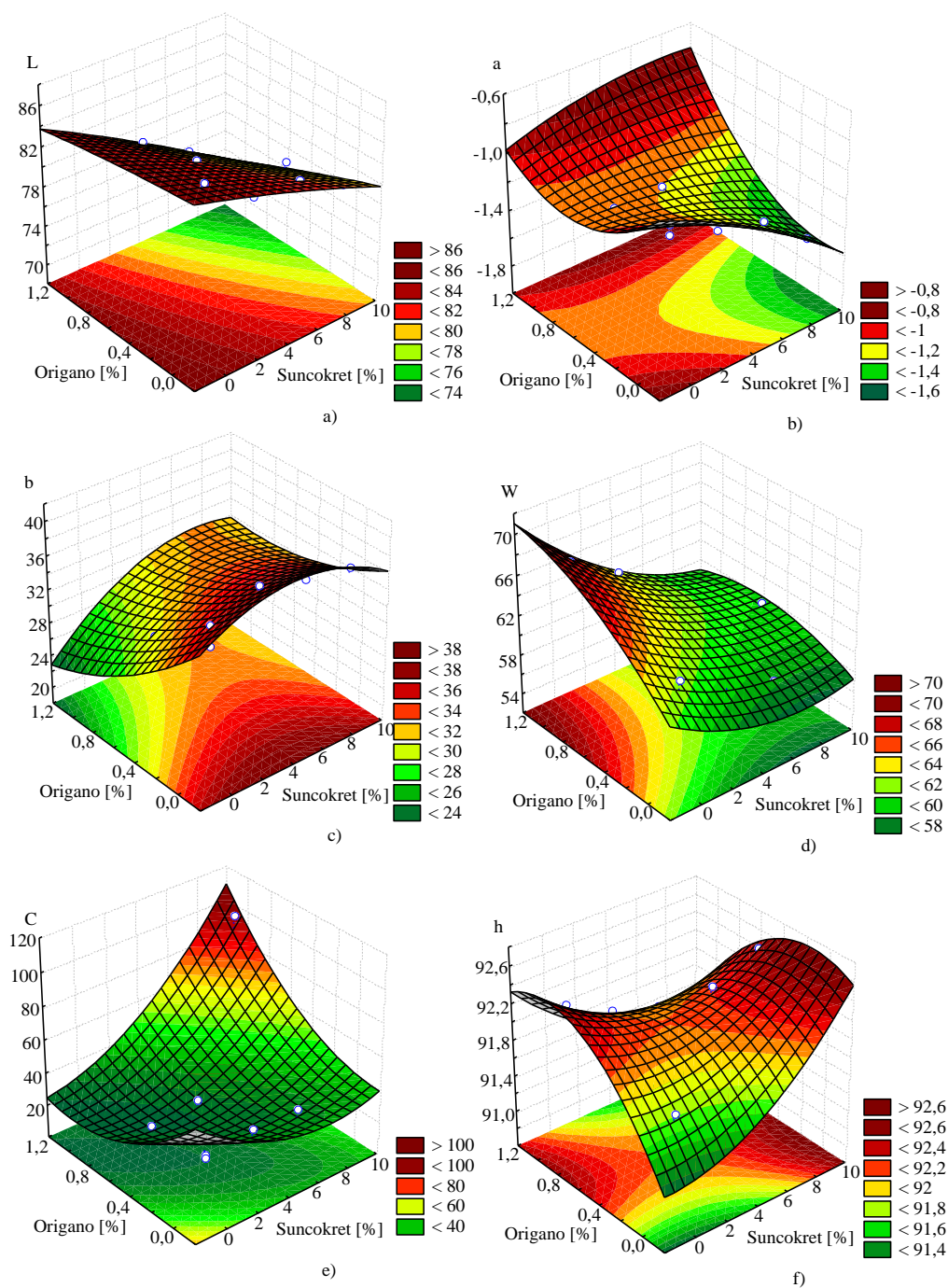
	L*	a*	b*	W	C	h
nulti član	84,84±0,49+	-1,01±0,04+	35,62±0,59+	61,54±0,60+	42,03±9,41+	91,63±0,08+
suncokret	-0,52±0,22**	-0,04±0,02**	0,90±0,27*	-0,93±0,27*	-4,93±4,28	0,01±0,04
suncokret ²	-0,01±0,02	0,00±0,00	-0,10±0,03+	0,06±0,03**	0,48±0,46	0,01±0,00**
origano	-1,83±1,95	-0,57±0,16+	-12,31±2,35+	9,76±2,39+	-52,88±37,42	1,69±0,33+
origano ²	-0,37±1,84	0,55±0,15+	3,79±2,22	-3,79±2,26	35,05±35,36	-1,16±0,32+
suncokret × origano	-0,27±0,15	0,06±0,01+	0,53±0,18*	-0,48±0,18*	6,78±2,87**	-0,13±0,03+

* statistički značajno na nivou $p < 0,01$; * statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

** statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Tabela 4.10.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju parametara boje fleks proizvoda

	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r^2
L*	1,348	1,005	2,13E-14	1,999	0,966
a*	0,009	0,082	-3,89E-16	-10,736	0,934
b*	1,969	1,215	2,49E-14	5,116	0,949
W	2,036	1,236	-3,38E-14	3,040	0,938
C	498,395	19,334	1,95E-14	72,872	0,654
h	0,040	0,173	-6,75E-14	0,284	0,892



Slika 4.5 Uticaj funkcionalnih komponenti na parametre boje fleks proizvoda
 a) L^* , b) a^* , c) b^* , d) W , e) c , f) h

4.3.3 Hemijski sastav fleks proizvoda

Na osnovu rezultata određivanja hemijskog sastava uzoraka fleks proizvoda prikazanih u tabeli 4.11 uočava se da dodatak funkcionalnih komponenti dovodi do povećanja sadržaja lipida, a kod većine uzoraka i sadržaja proteina. Kada je u pitanju sadržaj skroba on je u svim ispitivanim uzorcima neznatno niži od uzorka KF1 (čisto kukuruzno brašno) i ne zavisi značajno od udela suncokreta i divljeg origana. Ispitivani fleks proizvod karakteriše nizak sadržaj sirovih proteina u uzorcima bez konzumnog suncokreta (KF1, KF5 i KF9), pri čemu je minimalni sadržaj proteina ($5,27 \pm 0,02\%$ s.m.) zabeležen u uzorku KF5. Dodatak konzumnog suncokreta je statistički značajno doprineo povećanju sadržaja proteina u fleks proizvodu, jer je deo kukuruznog brašna zamenjen sa mlevenim konzumnim suncokretom koji ima 4 puta veći sadržaj proteina ($25,67\%$ s.m.) tabela 3.2, slika 4.6.

U SOP modelu za izračunavanje sadržaja proteina fleks proizvoda u tabeli 4.11.1 najveći uticaj imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i kvadratni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana, statistički značajno na nivou $p < 0,01$. Primećeno je da dodatak konzumnog suncokreta doveo do statistički značajne razlike u sadržaju lipida za skoro sve uzorke, tabela 4.11 kao što se i očekivalo jer je deo kukuruznog brašna zamenjen sa mlevenim konzumnim suncokretom koji ima višestruko veći sadržaj lipida ($54,05\%$ s.m.), tabela 3.2.

Najveći uticaj na sadržaj lipida tabeli 4.11.1 u SOP modelu ima linearni član sadržaja konzumnog suncokreta ($p < 0,01$). Najveći sadržaj lipida ($6,78 \pm 0,04\%$ s.m.) je dobijen u uzorku KF12 (maksimalna količina konzumnog suncokreta i maksimalna količina suvog ostatka divljeg origana), dok je minimalan sadržaj $0,35 \pm 0,02\%$ dobijen u uzorku KF1. Dodatak suvog ostatka divljeg origana nije uticao na ovaj parametar jer pomenuti dodatak ne sadrži lipide.

Sadržaj skroba dostigao maksimalnu vrednost (78,72% s.m.) u KF1, a minimum skroba 77,65% je uočen kod uzorka KF8, gde je dodatak konzumnog suncokreta statistički značajno uticao na smanjen sadržaj skroba u uzorcima fleks proizvoda što pokazuje i 3D dijagram, slika 4.6c. Za izračunavanje skroba fleks proizvoda u tabeli 4.11.1 najveći uticaj ima nelinearni član proizvoda suncokret × origano, statistički značajno na nivou $p < 0,01$.

Statistički značajne razlike u sadržaju šećera nisu uočene između sledeće grupe uzoraka: grupa (KF3, KF4), grupa (KF1, KF2, KF5, KF6), grupa (KF7, KF8, KF9, KF10, KF11, KF12) dok su ostali uzorci bili statistički značajno različiti slika 4.6d. Najveći uticaj na sadržaj šećera, tabela 4.11.1, u SOP modelu ima linearni član sadržaja origana ($p < 0,01$).

Tabela 4.11 Hemijski sastav fleks proizvoda

Uzorci	Sadržaj (% s.m)			
	Proteini	Lipidi	Skrob	Sećeri
KF1	5,48±0,20 ^a	0,35±0,02 ^b	78,72±0,03 ^a	0,69±0,02 ^b
KF2	5,92±0,03 ^b	0,67±0,03 ^c	78,52±0,09 ^b	0,69±0,03 ^b
KF3	6,31±0,09 ^c	1,04±0,06 ^d	78,07±0,08 ^c	0,58±0,01 ^a
KF4	6,42±0,23 ^c	1,34±0,02 ^e	77,82±0,09 ^d	0,62±0,01 ^a
KF5	5,27±0,02 ^a	0,45±0,03 ^f	78,36±0,05 ^e	0,68±0,01 ^b
KF6	5,35±0,09 ^a	0,61±0,02 ^c	78,30±0,06 ^e	0,74±0,03 ^b
KF7	5,72±0,22 ^{ab}	1,04±0,06 ^d	77,80±0,06 ^d	0,86±0,00 ^c
KF8	6,19±0,05 ^{bc}	1,47±0,01 ^g	77,65±0,06 ^f	0,85±0,01 ^c
KF9	5,71±0,05 ^{ab}	0,28±0,03 ^{ab}	78,38±0,05 ^e	0,87±0,01 ^c
KF10	5,93±0,02 ^b	0,63±0,01 ^c	78,28±0,03 ^e	0,84±0,00 ^c
KF11	6,24±0,02 ^{bc}	1,16±0,01 ^h	77,78±0,02 ^d	0,83±0,02 ^c
KF12	7,21±0,01 ^d	1,51±0,04 ^g	77,76±0,05 ^d	0,84±0,03 ^c

Različita slova u ekponentu vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od $p < 0,05$.

Uzorke fleks proizvoda bez konzumnog suncokreta (KF1, KF5 i KF9) očekivano karakteriše niži sadržaj sirovih proteina, pri čemu kod pomenutih uzoraka nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju proteina (tabela 4.11). Dodatak konzumnog suncokreta je doprineo statistički značajnom povećanju sadržaja proteina u fleks proizvodu, jer je deo kukuruznog brašna zamenjen sa mlevenim konzumnim suncokretom koji ima veći sadržaj proteina (25.67 % s.m), tabela 3.2 i slika 4.6 a.

Rezultati statističke obrade podataka u SOP modelu za izračunavanje sadržaja proteina fleks proizvoda (tabela 4.11.1) potvrđuju da statistički značajan uticaj na sadržaj proteina imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i kvadratni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana, na nivou $p < 0,01$.

Tabela 4.11.1 Analiza uticaja članova SOP modela na hemijski sastav fleks proizvoda

	df	Proteini	Lipidi	Skrob	Šećeri
suncokret	1	2,463 ⁺	39,579 ⁺	83,537 ^{**}	0,004
suncokret²	1	0,038	0,040 ^{**}	42,072	0,000
origano	1	0,167	0,001	75,398	0,094 ⁺
origano²	1	0,686 ⁺	0,007	25,644	0,007
suncokret × origano	1	0,037	0,000	130,049 [*]	0,000
greška	7	0,238	0,061	154,126	0,036

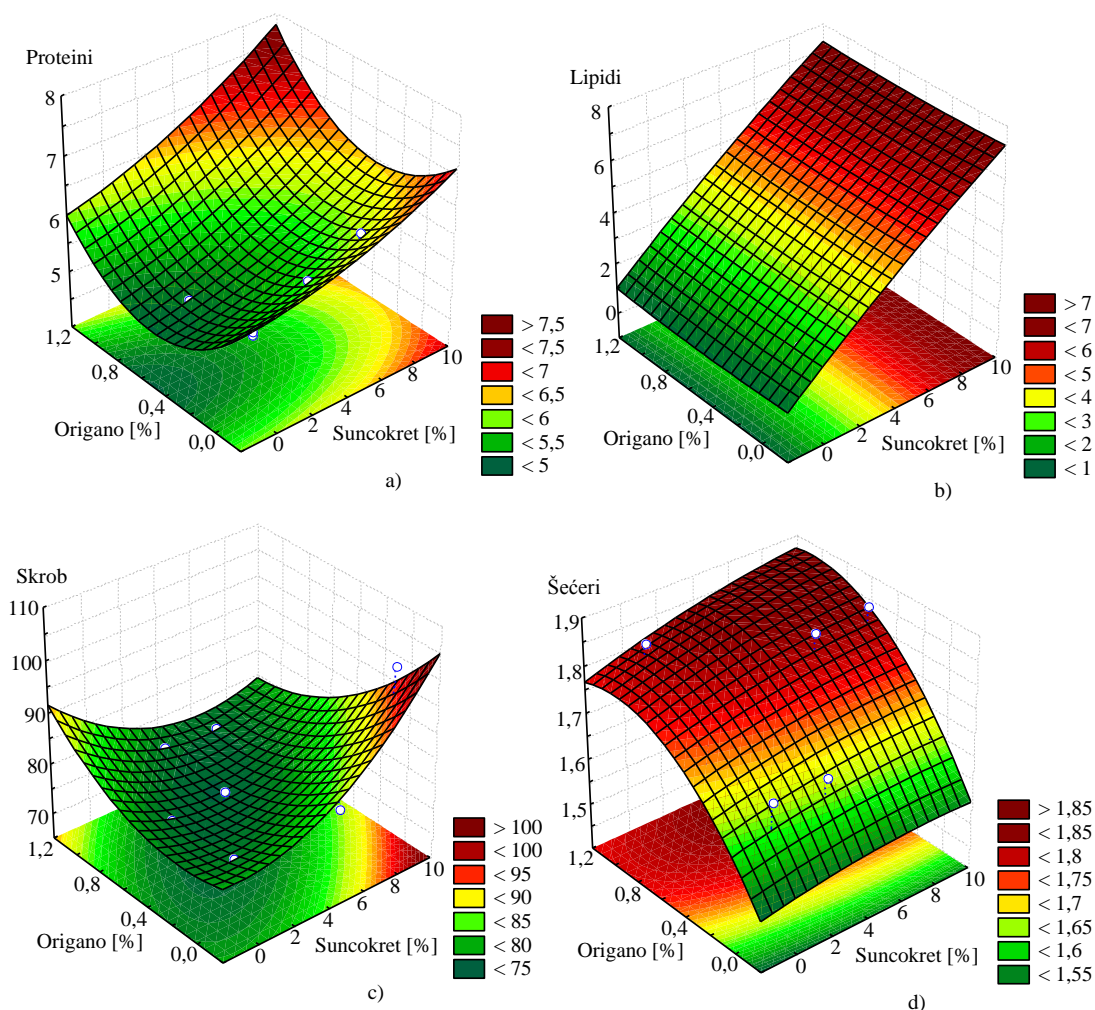
⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Najveći uticaj na sadržaj lipida, tabela 4.11.1 u SOP modelu jedino ima linearni član nezavisno promenljive sadržaj konzumnog suncokreta ($p < 0,01$), što je očekivano s obzirom da je sadržaj lipida u konzumnom suncokretu veći 35 puta u odnosu na kukuruzno brašno.

Sa povećanjem udela konzumnog suncokreta linearno raste sadržaj proteina u ispitivanim uzorcima što se zapaža na 3D dijagramu b slika 4.6. Najveći sadržaj lipida ($1,51 \pm 0,04\%$ s.m.) je dobijen u uzorku KF12 (maksimalna količina konzumnog suncokreta i maksimalna količina suvog ostatka divljeg origana), dok je minimalan sadržaj $0,28 \pm 0,03$ dobijen u uzorku KF9. Dodatak suvog ostatka divljeg origana nije statistički značajno uticao na pomenuti parametar hemijskog sastava, na pragu značajnosti od 95% ($p < 0,05$). Rezultati prikazani u tabeli 4.11.1 takođe ukazuju da ni linerani, ni kvadratni član druge nezavisno promenljive (količina origana) nema statistički značajan uticaj na sadržaj lipida u fleks proizvodima.

Povećavanje količine konzumnog suncokreta je dovelo do povećanja sadržaja proteina, lipida i skroba dok je sadržaj divljeg origana slabije izražen i jedino se odražava na povećanje sadržaja šećera u fleks proizvodu. Pomenute tvrdnje ilustruju 3D dijagrami prikazani na slici 4.6.



Slika 4.6 Uticaj funkcionalnih komponenti na hemijski sastav fleks proizvoda
a) proteini b) lipidi c) skrob d) šećeri

Maksimalan sadržaj skroba određen je u uzorku KF1 (78.72% s.m), a minimalan 77.65% s.m. u uzorku KF8. Treba takođe naglasiti da su vrednosti kod svih uzoraka sa maksimalnom količinom konzumnog suncokreta (KF4, KF8 i KF12) niže i vrlo ujednačene u uskom intervalu od 77,68 - 77,82% s.m. Pomenuti rezultati su posledica zamene kukuruznog brašna konzumnim suncokretom čiji je sadržaj skroba manji 11 puta (tabele 3.1 i 3.2).

Iako su primenom deskriptivne statistike utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju šećera između pojedinih uzoraka, na osnovu ove bazne statističke metode nije bilo moguće izvesti jasan zaključak o uticaju nezavisno promenljivih na ove promene. Primenom SOP modela utvrđeno je da na sadržaj šećera u uzorcima fleks proizvoda statistički najviše utiče linearni član sadržaja origana ($p < 0,01$).

Parametre hemijskog sastava fleks proizvoda moguće je predvideti na bazi koeficijenata regresionog modela prikazanih u tabeli 4.11.2. Najveći statistički značaj na zavisne parametre ima nulti član ($p < 0,01$), pri čemu je primentno da su teorijske vrednosti proteina i skroba na nivou eksperimentalnih. Količina origana ima statistički značajan uticaj na sadržaj proteina ($p < 0,01$) i sadržaj šećera ali na manjem pragu značajnosti ($p < 0,10$).

Tabela 4.11.2 Regresioni koeficijenti za predikciju hemijskog sastava fleks proizvoda

	Proteini	Lipidi	Skrob	Šećer
nulti član	5,554±0,119 ⁺	2,094±0,060 ⁺	77,466±3,021 ⁺	1,613±0,046 ⁺
suncokret	0,055±0,054	0,574±0,027 ⁺	0,045±1,373	0,007±0,021
suncokret ²	0,006±0,006 ⁺	-0,006±0,003 ^{**}	0,203±0,147	0,000±0,002
origano	-1,896±0,472 ⁺	-0,174±0,238	-8,082±12,016	0,396±0,184 ^{**}
origano ²	2,003±0,446 ⁺	0,208±0,225	12,252±11,353	-0,206±0,173
sunc okret× origano	0,038±0,036	-0,002±0,018	-2,240±0,922 [*]	0,004±0,014

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Na osnovu parametra ocene matematičkog modela (tabela 4.11.3), utvrđeno je da moguće pouzdano predvideti sadržaj lipida i proteina. Na to ukazuju niske vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE i MPE, kao i visoka vrednost koeficijenta determinacije (0,999 i 0,933).

Tabela 4.11.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju hemijskog sastava proizvoda

	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r^2
Proteini	0,079	0,244	-3,11E-15	6,476	0,933
Lipidi	0,020	0,123	4,44E-16	4,935	0,999
Skrob	51,375	6,207	-4,97E-14	10,615	0,682
Šećeri	0,012	0,095	1,67E-16	9,118	0,764

Manje pouzdani rezultati se mogu dobiti pri predviđanju vrednosti skroba jer je dobijena visoka vrednost χ^2 kvadrat testa (χ^2 51,375) i nizak koeficijent determinacije (r^2 0,682). Predikcija sadržaja šećera na osnovu odabranog regresionog modela je takođe manje pouzdana zbog nešto niže vrednosti koeficijenta determinacije (r^2 0,764).

4.3.4 Definisane funkcionalnih svojstava fleks proizvoda

Prilikom proizvodnje prehrambenog proizvoda obogaćenog funkcionalnim komponentama treba voditi računa da novi funkcionalni proizvod ne umanjuje svoj uobičajeni kvalitet uprkos izmenama u sirovinskom sastavu (Drusch i Mannino, 2009).

U cilju definisanja funkcionalnih svojstava fleks proizvoda sa dodatkom konzumnog suncokreta i divljeg origana u proizvodima određena je njihova antioksidativna vrednost, sadržaj mineralnih materija, masnih kiselina i aminokiselina, sa akcentom na esencijalne komponente.

4.3.4.1 Antioksidativna vrednost fleks proizvoda

Većina antioksidativnog potencijala u hrani biljnog porekla potiče od osobine fenolnih jedinjenja, koja mogu da deluju kao redukciona sredstva, čistači slobodnih radikala i donori vodonika (Gawlik-Dziki i sar. 2012, Gawlik-Dziki i sar., 2013).

Neka istraživanja su potvrdila da divlji origano poseduje visok antioksidativni potencijal (Zheng, Wang, 2001; Pizzale i sar., 2002; Paradiso i sar., 2015), što potvrđuju i rezultati prikazani u tabeli 4.12. Veći sadržaj fenolnih jedinjenja, kao i vrednosti DPPH testa i FRAP metode u odnosu na KF1 ukazuju da konzumni suncokret i divlji origano predstavljaju dobre izvore antioksidanasa. Time je potvrđena jedna od pretpostavki ove teze, da se ostatak divljeg origana, koji predstavlja sporedni proizvod nakon destilacije etarskog ulja, može valorizovati kao funkcionalni dodatak u izradi fleks proizvoda. Rezultati Tukey testa ukazuju da su promene u sadržaju fenola sa povećanjem količine funkcionalnih komponenti statistički značajne.

Međutim, primetno je da statistički značajniji uticaj na antioksidativnu vrednost proizvoda ima količina konzumnog suncokreta, što se može objasniti manjim udelom divljeg origana u odnosu na konzumni suncokret (tabela 4.12).

Antioksidativna aktivnost fleks proizvoda od kukuruza (KF1) je bila relativno niska, dok je dodatak suncokreta i divljeg origana statistički značajno uticao na povećanje sadržaj fenola i antiradikalisku aktivnost ekstrakata fleks proizvoda, što je u skladu sa rezultatima DPPH analize suvog ostatka divljeg origana i suncokreta (tabela 3.3).

Tabela 4.12 Sadržaj fenola i antioksidikaliska aktivnost ekstrakata fleks proizvoda

Uzorak	Sadržaj fenola mg GAE/g s.e.	Antiradikaliska aktivnost ekstrakata	
		DPPH metod 1/IC ₅₀ (mg/ml)	FRAP metod (µg AAE/g s.e9
KF1	0,98±0,03 ^a	0,13±0,00 ^{a,h}	0,45±0,01 ^a
KF2	1,36±0,20 ^{b,e}	0,20±0,00 ^{b,e}	0,65±0,01 ^{b,f}
KF3	1,62±0,10 ^{c,f}	0,29±0,01 ^c	0,77±0,01 ^c
KF4	1,88±0,05 ^{d,g,j}	0,37±0,00 ^d	1,38±0,02 ^{d,h}
KF5	1,18±0,01 ^{e,i}	0,14±0,00 ^{a,h}	0,46±0,01 ^e
KF6	1,57±0,02 ^f	0,21±0,01 ^e	0,68±0,01 ^f
KF7	1,80±0,06 ^{g,j}	0,34±0,00 ^f	0,95±0,00 ^{g,j}
KF8	2,13±0,03 ^h	0,45±0,02 ^g	1,35±0,03 ^h
KF9	1,30±0,01 ⁱ	0,16±0,02 ^h	0,50±0,01 ⁱ
KF10	1,82±0,03 ^j	0,26±0,00 ⁱ	0,78±0,03 ^j
KF11	2,44±0,07 ^k	0,40±0,01 ^j	1,08±0,02 ^k
KF12	2,84±0,10 ^l	0,75±0,00 ^k	1,57±0,01 ^l

Različita slova u ekponentu vrednosti u istim kolonama ukazuju na statistički značajne razlike pri nivou značajnosti od $p < 0,05$.

U SOP modelu za izračunavanje fenola fleks proizvoda, tabela 4.12.1, najveći uticaj imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana, kao i nelinearni član proizvoda suncokret × origano, statistički značajno na nivou $p < 0,01$. Najveći uticaj na 1/IC₅₀ u SOP modelu imaju linearni član sadržaja konzumnog suncokreta i linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana, kao i nelinearni član proizvoda suncokret × origano, statistički značajno na nivou $p < 0,01$. Za izračunavanje FRAP vrednosti fleks proizvoda najveći uticaj imaju linearni i nelinearni članovi sadržaja konzumnog suncokreta i linearni član sadržaja suvog ostatka divljeg origana ($p < 0,01$).

Tabela 4.12.1 Analiza uticaja članova SOP modela na antioksidativnu vrednosti proizvoda

	df	Fenoli	DPPH	FRAP
suncokret	1	2,377 ⁺	0,270 ⁺	1,629 ⁺
suncokret ²	1	0,010	0,007	0,052 ⁺
origano	1	0,913 ⁺	0,049 ⁺	0,067 ⁺
origano ²	1	0,030 ^{**}	0,003	0,003
sunc okret× origano	1	0,134 ⁺	0,031 ⁺	0,008
greška	7	0,048	0,014	0,030

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05;

^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Primenom regresione analize izračunati su regresioni koeficijenti odabranog regresionog modela i utvrđena značajnost nezavisno promenljivih (tabela 4.12.2).

Tabela 4.12.2 Regresioni koeficijenti modela za predikciju antioksidativne vrednosti fleks proizvoda

	Fenoli	DPPH	FRAP
nulti član	1,01±0,05 ⁺	0,15±0,03 ⁺	0,44±0,04 ⁺
suncokret	0,12±0,02 ⁺	0,00±0,01	0,03±0,02
suncokret ²	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,00 ⁺
origano	-0,09±0,21	-0,13±0,12	-0,04±0,17
origano ²	0,42±0,20 ^{**}	0,13±0,11	0,14±0,16
suncokret× origano	0,07±0,02 ⁺	0,03±0,01 ⁺	0,02±0,01

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,0

^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

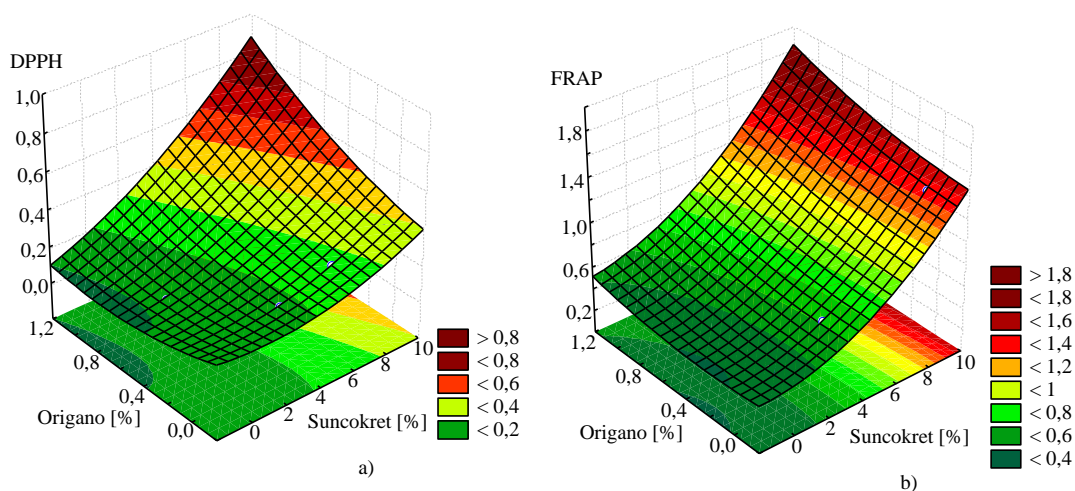
Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 4.12.2. uočava se da za ispitivane zavisno promenljive najveći statistički značaj ima nulti član regresionog modela (na pragu p<0,01). Na sadržaj fenola značajno utiču obe nezavisno promenljive i kao i njihova interakcija. Promene DPPH i FRAP vrednosti su u manjoj meri statistički zavisne od količine funkcionalnih dodataka.

U cilju verifikacije odabranih matematičkih modela izračunate su vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE, MPE i r^2 (tabela 4.12.3), na osnovu kojih možemo uočiti da se antioksidativna vrednost fleks proizvoda može pouzdano predvideti.

Tabela 4.12.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju antioksidativne vrednosti fleks proizvoda

	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r^2
Fenoli	0,016	0,109	-6,11E-16	11,141	0,987
DPPH	0,005	0,059	-8,33E-17	33,494	0,961
FRAP	0,010	0,086	-5,13E-16	15,662	0,984

Na osnovu 3D dijagrama prikazanih na slici 4.7 jasno se vidi uticaj obe nezavisno promenljive na antiradikalisku aktivnost određenu DPPH i FRAP metodom. Maksimalne vrednosti se dobijaju dodatkom maksimalne količine i konzumnog suncokreta i divljeg origana.



Slika 4.7 Uticaj funkcionalnih komponenti na antioksidativnu vrednost fleks proizvoda a) DPPH b) FRAP

4.3.4.2 Sadržaj mineralnih materija fleks proizvoda

Budući da su rezultati određivanja mineralnih materija potvrdili da konzumni suncokret sadrži više Zn, Cu, Mg, Ca i Fe u odnosu na kukuruzno brašno (tabele 3.1 i 3.2) očekivalo se da će njegov dodatak značajno uticati na sadržaj mineralnih materija u uzorcima fleks proizvoda. Mineralni sastav fleks proizvoda sa funkcionalnim komponentama prikazan je u tabeli 4.13. Prezentovani rezultati potvrđuju pozitivnu korelaciju količine konzumnog suncokreta i sadržaja svih ispitivanih minerala. Evidentno je da su se najintezivnije promene desile u sadržaju Ca, a potom Cu, što je logična posledica 50 puta, odnosno 10 puta većeg sadržaja pomenutih minerala u konzumnom suncokretu u odnosu na kukuruzno brašno.

Tabela 4.13 Mineralni sastav fleks proizvoda

Uzorcí	Sadržaj minerala (mg/kg)				
	Zn	Cu	Mg	Ca	Fe
KF1	4,56±1,21	1,19±0,23	238,33±1,09	27,29±0,89	8,90±0,21
KF2	5,97±0,98	1,70±0,18	248,52±2,01	68,21±0,36	9,92±0,15
KF3	7,01±0,75	2,39±0,26	258,58±2,15	138,01±4,36	10,98±0,17
KF4	8,70±0,11	4,10±0,31	260,90±1,45	389,09±4,51	11,06±0,36
KF5	4,58±0,45	1,19±0,09	237,92±1,36	27,32±3,01	8,94±0,48
KF6	5,99±0,26	1,71±0,07	249,03±1,23	68,57±2,14	9,99±1,56
KF7	7,04±1,60	2,43±0,06	260,08±1,20	145,8±3,68	11,0±1,36
KF8	9,00±1,45	4,12±0,12	261,50±2,36	150,20±4,74	12,00±1,09
KF9	4,57±0,85	1,18±0,09	238,00±2,48	27,35±2,05	8,96±0,98
KF10	6,01±0,12	1,75±0,06	249,00±2,47	68,80±3,65	10,10±0,67
KF11	7,07±0,25	2,48±0,25	260,15±2,63	147,1±6,10	11,22±2,25
KF12	9,26±0,63	4,12±1,08	261,87±2,45	380,52±5,08	12,03±1,15

Dodatak konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) značajno povećava sadržaj Zn, Cu, Mg, Ca i Fe, što potvrđuje da je konzumni suncokret bogat izvor esencijalnih mineralnih materija. Najveće vrednosti u sadržaju Zn, Cu, Mg i Fe (9,26 mg/kg, 4,12 mg/kg, 261,87 mg/kg i 12,03 mg/kg) su zabeležene kod fleks proizvoda KF12 (9% suncokreta i 1% divljeg origana). Promene u sadržaju mineralnih materija u funkciji količine nezavisno promenljivih najbolje ilustruju 3D grafici prikazani na slici 4.8.

Na osnovu analize mineralnog sastava fleks proizvoda sa konzumnim suncokretom i divljim origanom, utvrđeno je da dodatak suvog ostataka divljeg origana u dodatim količinama nema uticaja na mineralni sastav fleks proizvoda, što ukazuje da suvi ostatak divljeg origana ne sadrži značajne količine Zn, Cu, Mg, Ca i Fe.

Na osnovu rezultata primene SOP modela za izračunavanje sadržaja mineralnih materija u fleks proizvodima utvrđeno je da najveći statistički uticaj na nivou $p < 0,01$ za sve ispitivane minerale ima linearni član nezavisno promenljive količina konzumnog suncokreta (tabela 4.13.1). Kvadratni član pomenute nezavisno promenljive ima uticaj na sadržaj Cu i Mg. Jedino na sadržaj Fe statistički značajno utiče i linearni član druge nezavisno promenljive (količina divljeg origana) i nelinearni član proizvoda Suncokret \times origano, ali na manjem pragu značajnosti ($p < 0,05$).

Tabela 4.13.1 Analiza uticaja članova SOP modela na mineralni sadržaj fleks proizvoda

	df	Zn	Cu	Mg	Ca	Fe
suncokret	1	33,824 ⁺	14,870 ⁺	1060,511 ⁺	140691,179 ⁺	14,409 ⁺
suncokret²	1	0,207 ^{**}	1,027 ⁺	60,939 ⁺	10932,775	0,162 ^{**}
origano	1	0,068	0,004	0,667	23,459	0,280 [*]
origano²	1	0,001	0,000	0,066	8670,415	0,026
suncokret \times origano	1	0,069	0,000	1,175	82,243	0,228 [*]
greška	7	0,278	0,096	12,968	28537,685	0,208

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Rezultati regresione analize eksperimentalnih podataka dobijenih određivanjem sadržaja minerala su uglavnom usaglašeni sa statističkim rezultatima prikazanim u tabeli 4.13.2. Na osnovu dobijenih rezultata uočava se da najveći statistički uticaj na sadržaj minerala Zn, Cu, Mg i Fe ima nulti član izabranog regresionog modela, koji ukazuje na očekivane vrednosti sadržaja pomenutih minerala kada uzorci fleks proizvoda ne sadrže funkcionalne dodatke. Prikazane izračunate vrednosti u tabeli 4.13.2 su na nivou eksperimentalnih rezultata (tabela 4.13), što je u skladu sa iznetim pretpostavkama.

Odstupanja rezultata regresione analize i analize primenom SOP modela su evidentna za nezavisno promenljivu sadržaj Ca. Primenom regresionog modela nije utvrđena statistička značajnost ni linearnog ni kvadratnog člana za promenljivu količina suncokreta, što je nelogično s obzirom na činjenicu da je količina Ca u konzumnom suncokretu veća čak 50 puta u odnosu na kukuruzno brašno (tabela 3.2).

Tabela 4.13.2 Regresioni koeficijenti modela za predikciju mineralnog sadržaja fleks proizvoda

	Zn	Cu	Mg	Ca	Fe
nulti član	4,64±0,13 ⁺	1,21±0,08 ⁺	237,93±0,88 ⁺	39,33±41,11	8,91±0,11 ⁺
suncokret	0,32±0,06 ⁺	0,03±0,03	4,77±0,40 ⁺	2,28±18,68	0,38±0,05 ⁺
suncokret²	0,01±0,01 ^{**}	0,03±0,00 ⁺	-0,24±0,04 ⁺	3,27±2,00	-0,01±0,01 ^{**}
origano	0,00±0,51	0,03±0,30	0,22±3,49	-213,97±163,50	0,33±0,44
origano²	-0,06±0,48	0,00±0,28	-0,62±3,29	225,29±154,48	-0,39±0,42
suncokret × origano	0,05±0,04	0,00±0,02	0,21±0,27	-1,78±12,54	0,09±0,03 [*]

+statistički značajno na nivou p<0,01; * statistički značajno na nivou p<0,05;

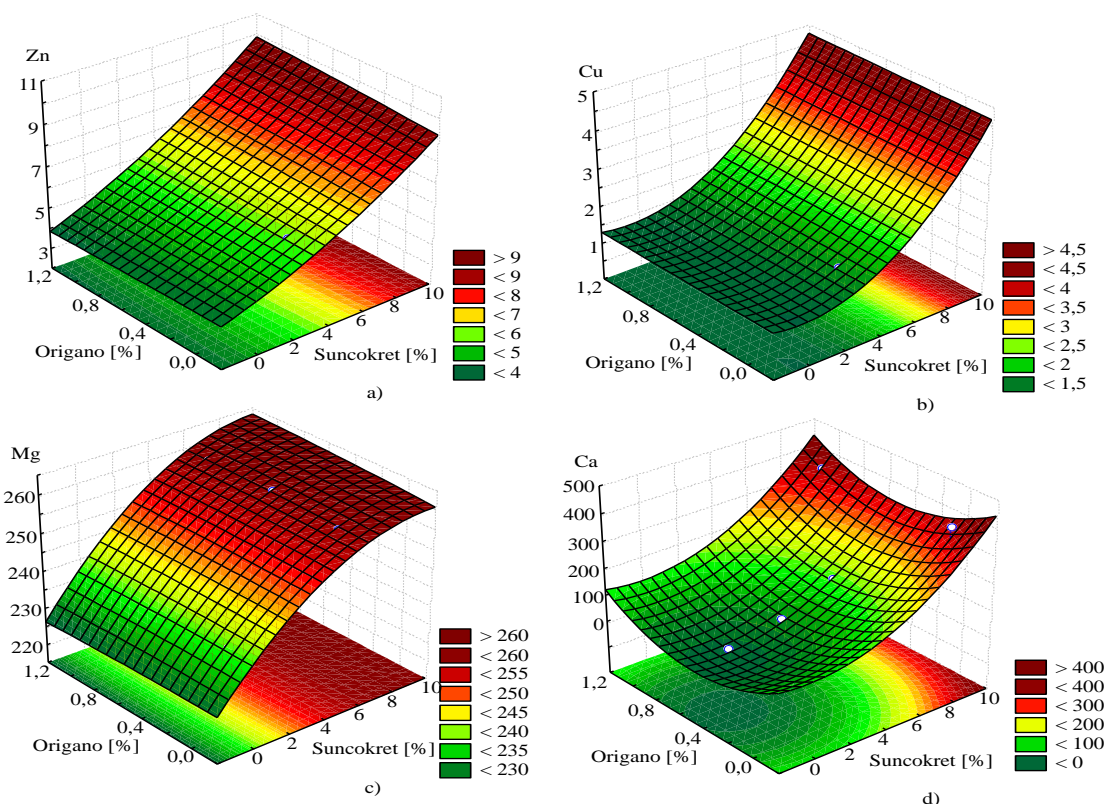
** statistički značajno na nivou p<0,10

Niske vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE i MPE, kao i visoka vrednost koeficijenta determinacije (tabela 4.13.3), ukazuju na pouzdanu predikciju mineralnog sadržaja (Zn, Cu, Mg, Fe) fleks proizvoda kao i na dobro poklapanje vrednosti dobijenih ovim modelom sa eksperimentalnim rezultatima. Nešto niža vrednost koeficijenta determinacije kao i visoke vrednosti ostalih parametara ukazuje da predikcija sadržaja Ca u fleks proizvodu nije do kraja pouzdana.

Tabela 4.13.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju mineralnog sadržaja fleks proizvoda

	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r^2
Zn	0,093	0,263	-6,66E-16	6,097	0,992
Cu	0,032	0,155	-2,78E-16	12,076	0,994
Mg	4,323	1,801	4,26E-14	1,076	0,989
Ca	9512,562	84,466	0,00E+00	145,721	0,845
Fe	0,069	0,228	6,66E-15	2,749	0,987

Zavisnost sadržaja minerala u uzorcima fleks proizvoda od nezavisno promenljivih ilustruju 3D dijagrami slika 4.8. Na osnovu dijagrama a, b, c i d na slici 4.8 očigledno je da dodatak konzumnog suncokreta utiče na povećanje sadržaja svih ispitivanih minerala, dok je uticaj divljeg origana znatno slabije izražen.



Slika 4.8 Uticaj funkcionalnih komponenti mineralni sastav fleks proizvoda
a) Zn, b) Cu, c) Mg, d) Ca

4.3.4.3 Sastav masnih kiselina fleks proizvoda

Funkcionalne osobine fleks proizvoda su ocenjene i na osnovu sadržaja esencijalnih masnih kiselina, tabeli 4.14. Na osnovu prezentovanih rezultata uočava se da dodatak konzumnog suncokreta utiče na smanjenje sadržaja palmitinske, ali i na povećanje sadržaja stearinske kiseline. Što se tiče druge nezavisno promenljive evidentno je da postoji pozitivna korelacija između količine divljeg origana i sadržaja palmitinske i stearinske kiseline u proizvodu.

Minimalnu količinu palmitinske kiseline 5,35% (slika 4.9a) i maksimalnu količinu stearinske kiseline 3,93% (slika 4.9b) ima uzorak sa 9% konzumnog suncokreta i 1% divljeg origana. Dodatak konzumnog suncokreta uzrokuje i povećanje mononezasićene oleinske kiseline (C18:1). Uzorci KF4, KF8 i KF12 sa 9% konzumnog suncokreta imaju za 30% veći sadržaj pomenute kiseline u odnosu na uzorke bez dodatka suncokreta, a sa istom količinom origana što pokazuje 3D dijagram na slici 4.9c.

Što se tiče esencijalnih masnih kiselina, linolne (C18:2) i linolenske (C18:3), uočava se da zamena kukuruznog brašna suncokretom ima negativan efekat na njihov udeo u svim ispitivanim uzorcima. Pri zameni 9% kukuruznog brašna suncokretovim sadržaj linolne se smanjuje neznatno, a linoleinske čak 2,5 puta u odnosu na uzorke KF1, KF5 i KF9 što se uočava na 3D dijagramima na slici 4.9e i f.

Povećanje količine druge nezavisno promenljive izaziva manje promene u sadržaju linolne i linoleinske, kao i neznatne promene sadržaja oleinske kiseline (tabela 4.14).

Tabela 4.14 Sastav masnih kiselina fleks proizvoda

Uzorci	SFA		MUFA	PUFA		Ukupne masne kiseline
	palmitinska C 16:0	stearinska, C 18:0	oleinska, C18:1	linolna, C 18:2	linolenska C 18:3	
KF1	6,30±1,35	3,22±0,10	27,82±2,8	53,26±5,14	0,87±0,14	94,0 ±0,09
KF2	6,07±1,48	3,40±0,36	34,49±3,6	53,18±4,36	0,79±0,18	99,56±0,12
KF3	5,88±0,89	3,53±0,12	36,57±4,8	53,10±5,74	0,59±0,81	99,97±0,15
KF4	5,42±0,91	3,67±0,71	37,44±2,6	53,00±3,91	0,35±0,78	99,82±0,08
KF5	6,27±1,05	3,16±0,65	27,95±2,7	53,26±3,14	0,84±0,45	98,14±0,14
KF6	6,13±1,25	3,44±0,41	35,91±2,4	53,13±3,61	0,74±0,36	99,71±0,16
KF7	6,00±0,48	3,56±0,31	36,56±2,15	53,03±5,14	0,51±0,47	98,11±0,07
KF8	5,45±0,17	3,70±0,17	36,95±3,16	52,99±5,23	0,32±0,81	99,11±0,16
KF9	6,16±0,51	3,26±0,14	28,02±4,07	53,16±3,61	0,80±0,87	93,13±0,17
KF10	6,01±0,47	3,47±0,26	35,23±3,14	53,03±3,78	0,69±0,46	99,63±0,09
KF11	5,96±0,36	3,67±0,14	36,34±2,74	53,00±3,91	0,42±0,36	98,99±0,15
KF12	5,35±0,87	3,93±0,26	37,01±2,64	52,94±3,74	0,31±0,48	99,78±0,23

Sadržaj masnih kiselina izražen je u g/100 g masnih kiselina

SFA – zasićene masne kiseline; MUFA – mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline

Statistička analiza rezultata primenom SOP modela ukazuje da dodatak konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) značajno smanjuje sadržaj palmitinske (C16:0), linolne (C18:2) i linolenske (C18:3) kiseline i povećava sadržaj stearinske (C18:0) i oleinske kiseline (C18:1). U SOP modelu za izračunavanje palmitinske kiseline fleks proizvoda najveći statistički uticaj na nivou $p < 0,01$ u pomenutim promenama ima linearni član sadržaja konzumnog suncokreta. Kvadratni član pomenute nezavisno promenljive takođe ima statistički značaj na pragu značajnosti $p < 0,01$ za sadržaj C:16 i C18:1, a na pragu značajnosti od $p < 0,05$ za esencijalne masne kiseline C18:2 i C18:3. Statistički značajne promene, na nivou značajnosti $p < 0,01$, u sadržaju esencijalnih masnih kiselina nastaju usled variranja količine origana. Količina origana, ali i interakcija obe nezavisno promenljive utiče na promene sadržaja stearinske kiseline ($p < 0,05$), tabela 4.14.1.

Dobijeni rezultati ukazuju da dodatak konzumnog suncokreta statistički značajno utiče na sastav masnih kiselina u fleks proizvodu, i predstavlja dobar izvor mononezasićenih masnih kiselina (oleinska kiselina).

Tabela 4.14.1 Analiza uticaja članova SOP modela na sastav masnih kiselina fleks proizvoda

	df	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	Ukupno
suncokret	1	1,172 ⁺	0,467 ⁺	137,095 ⁺	0,115 ⁺	0,493 ⁺	17,703 ^{**}
suncokret²	1	0,099 ⁺	0,000	34,673 ⁺	0,002 ^{**}	0,007 ^{**}	7,955
origano	1	0,007	0,020 ^{**}	0,009	0,024 ⁺	0,016 ⁺	2,460
origano²	1	0,011	0,013	0,139	0,001	0,000	0,332
suncokret × origano	1	0,006	0,035 [*]	0,228	0,001	0,000	2,226
greška	7	0,046	0,033	5,169	0,004	0,012	31,054

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05;

^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Rezultati primene matematičkog regresionog modela za predikciju vrednosti sastava masnih kiselina fleks proizvoda u zavisnosti od količine konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana ukazuju da statistički najveći značaj imaju nulti regresioni koeficijent i linerani koeficijent količine suncokreta (tabela 4.14.2). Evidentno je da postoji usaglašenost rezultata regresione analize i statističke analize prikazane u tabeli 4.14.1 kad je u pitanju uticaj količine origana i međusobne interakcije nezavisno promenljivih, jer je i regresionom analizom potvrđen njihov statistički značaj samo za sadržaj stearinske kiseline (tabela 4.14.2).

U cilju verifikacije odabranih matematičkih modela izračunate su greške i koeficijenti determinacije (tabela 4.14.3), koji ukazuju na pouzdanu predikciju sadržaja masnih kiselina u fleks proizvodu..

Analizom 3D dijagrama na slici 4.9 uočava se da sa povećanjem količine suncokreta dolazi do smanjenja sadržaja palmitinske i linolne, uz istovremeno povećanje sadržaja stearinske kiseline. Uticaj druga nezavisno promenljiva (količina origana) nije imao značajniji uticaj na posmatrane zavisne parametre.

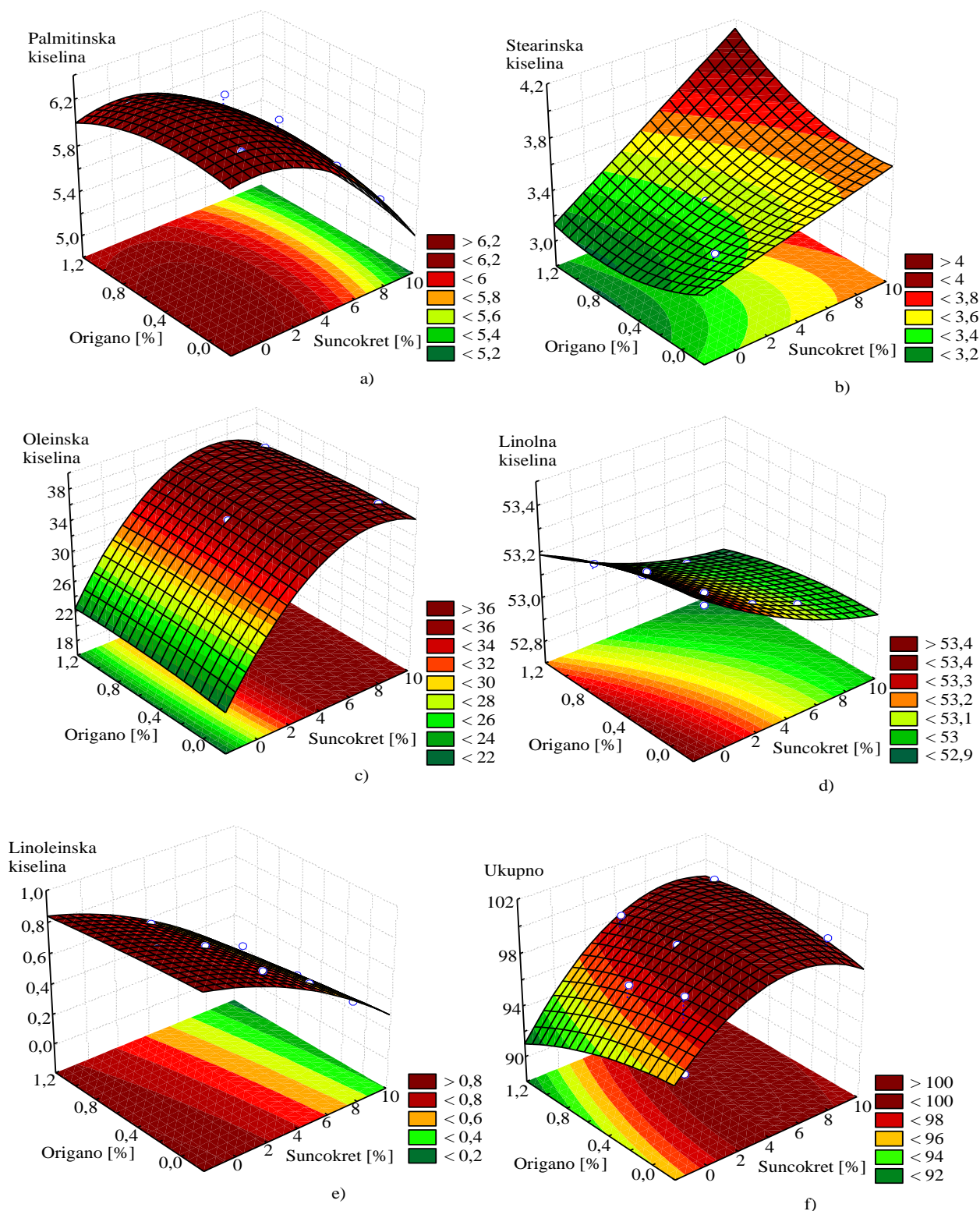
Tabela 4.14.2 Regresioni koeficijenti modela za predikciju masnih kiselina fleks proizvoda

	C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3	Ukupno
nulti član	6,27±0,05 ⁺	3,32±0,04 ⁺	27,88±0,55 ⁺	53,29±0,01 ⁺	0,87±0,03 ⁺	97,26±1,36 ⁺
suncokret	-0,01±0,02	0,04±0,02	2,67±0,25 ⁺	-0,04±0,01 ⁺	-0,03±0,01 ⁺	0,99±0,62
suncokret²	-0,01±0,00 ⁺	0,00±0,00	-0,18±0,03 ⁺	0,00±0,00 ^{**}	0,00±0,00 ^{**}	-0,09±0,07
origano	0,13±0,21	-0,35±0,18 ^{**}	1,39±2,20	-0,07±0,06	-0,06±0,11	-0,99±5,39
origano²	-0,26±0,20	0,28±0,17	-0,90±2,08	-0,07±0,06	-0,02±0,10	-1,39±5,10
suncokret × origano	0,02±0,02	0,04±0,01 [*]	-0,09±0,17	0,01±0,00	0,00±0,01	0,29±0,41

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05; ^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Tabela 4.14.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju masnih kiselina fleks proizvoda

Masne kiseline	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r²
C 16:0	0,015	0,107	-2,44E-15	2,603	0,966
C 18:0	0,011	0,091	7,77E-16	3,443	0,940
C 18:1	1,723	1,137	-4,44E-15	4,724	0,974
C 18:2	0,001	0,030	-2,49E-14	0,084	0,979
C 18:3	0,004	0,055	4,30E-16	14,825	0,978
Ukupno	10,351	2,786	5,33E-14	4,056	0,489



Slika 4.9 Uticaj funkcionalnih komponenti na sadržaj masnih kiselina fleks proizvoda a) palmitinska b) stearinska c) oleinska d) linolna e) linoleinska f) ukupne masne kiseline

4.3.4.4 Kvalitet proteina fleks proizvoda

Kvalitet proteina fleks proizvoda je utvrđen na osnovu količine i sastava proteina, esencijalnih aminokiselina i određivanjem *Scora* aminokiselina. *Score* aminokiselina je pokazatelj efikasnosti iskorišćenja proteina u hrani, a predstavlja odnos sadržaja esencijalne aminokiseline u ispitivanom proteinu i preporučenih potrebama za određenu kategorije potrošača. Najniža vrednost *scora* definiše limitirajuću aminokiselinu. Potrebe se razlikuju zavisno od godina (starost), pola, fiziološkog stanja (trudnoća, laktacija), načina života (naročito fizička aktivnost, pušenje), stresa (FAO/WHO/UNU, 2007).

Pored esencijalnih aminokiselina, određene su i uslovno esencijalne aminokiseline jer one u određenim fiziološkim i patološkim stanjima organizma postaju esencijalne i to su: cistein, tirozin, prolin, glicin, arginin, glutamin i taurin (2-aminoetansulfonska kiselina).

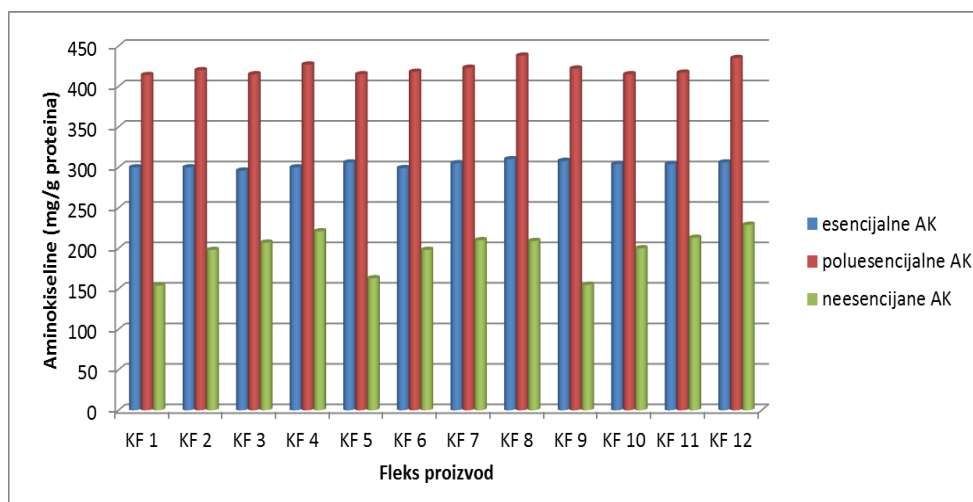
Aminokiselinski sastav

U cilju pravilnog vrednovanje proteina, odnosno procene u kojoj meri proteini u fleks proizvodima zadovoljavaju metaboličke potrebe u esencijalnim aminokiselinama određen je njihov aminokiselinski sastav. Od esencijalnih aminokiselina određene su: lizin, treonin, valin, izoleucin, leucin, metionin, fenilalanin i histidin (esencijalan jedino kod dece u rastu). Na osnovu dobijenih rezultata (tabela 4.15) uočava se da dodatak funkcionalnih komponenti ima pozitivan uticaj na sadržaj lizina, histidine i treonina iz grupe esencijalnih aminokiselina, što se vizuelno najlakše uočava na 3D dijagramima a, e i g na slici 4.11 a, e i g. Sadržaj valina, izoleucina i leucina se smanjuje sa povećanjem udela konzumnog suncokreta (3%, 6% i 9%) u fleks proizvodu, (3D dijagrami na slici 4.11h, b i c), što ukazuje da kukuruz sadrži veći udeo pomenutih esencijalnih aminokiselina u odnosu na konzumni suncokret i da je usled njegove supstitucije došlo do izmena u aminokiselinskom sastavu proizvoda.

Tabela 4.15 Aminokiselinski sastav fleks proizvoda

Aminokiseline (mg/g proteina)	Uzorci											
	KF1	KF2	KF3	KF4	KF5	KF6	KF7	KF8	KF9	KF10	KF11	KF12
Esencijalne aminokiseline												
Lizin	25	25	26	27	25	25	27	28	26	26	27	28
Treonin	47	50	50	52	54	50	52	54	49	54	52	52
Valin	31	30	29	30	30	31	29	29	33	30	30	29
Izoleucin	28	26	23	23	27	25	26	26	28	24	24	24
Leucin	97	98	96	97	98	96	96	96	98	97	97	97
Metionin	19	19	20	20	20	19	21	20	18	19	20	21
Fenilalanin	33	31	31	29	33	31	32	34	35	30	31	33
Histidin	20	21	21	22	19	22	22	23	21	24	23	22
Uslovno esencijalne aminokiseline												
Glicin	31	32	35	37	32	34	35	38	33	38	35	31
Prolin	68	70	75	77	68	71	73	80	67	78	77	78
Glutamin	190	193	180	189	189	186	190	193	196	174	180	197
Cistin	10	10	10	10	10	11	11	11	11	10	11	12
Tirozin	43	40	35	33	43	39	32	30	44	35	31	29
Arginin	62	65	70	71	63	66	71	75	60	70	72	76
Neesencijalne aminokiseline												
Alanin	43	82	85	96	45	80	86	96	42	80	87	95
Serin	30	33	36	38	31	34	35	39	32	38	40	41
Asparagin	81	83	86	87	80	84	89	90	81	82	86	93

U tabeli 4.15 prikazan je aminokiselinski sastav ispitivanih uzoraka, a sadržaj aminoskiselina po analiziranim grupama (esencijalne, uslovno esencijalne i neesencijalne) dat je na slici 4.10. Na osnovu pomenute slike evidentno je da dodatak maksimalne količine suncokreta ima pozitivan uticaj na sadržaj uslovno esencijalnih aminokiselina, dok je dodatak 1% suvog ostatka divljeg origana uzrokovao blago povećanje esencijalnih aminokiselina. Kada su u pitanju neesencijalne aminokiseline prisutan je rastući trend promene u funkciji količine konzumnog suncokreta.



Slika 4.10 Aminokiselinski sastav fleks proizvoda

Rezultati određivanja aminokiselinskog sastava obrađeni su statistički primenom matematičkih modela (jednačine 9 i 100) i prikazani u tabelama 4.15.1 - 4.15.7 i na slikama 4.11, 4.12 i 4.13. U SOP modelu za izračunavanje sadržaja lizina iz grupe esencijalnih aminokiselina, prolina i tirozina kao uslovno esencijalnih i serina i asparagina kao neesencijalnih aminokiselina uočava se da najveći uticaj ima linearni član sadržaja konzumnog suncokreta ($p < 0,01$), što je očekivano s obzirom na visok sadržaj proteina u konzumnom suncokretu (Von Bergman i sar., 2005). Statistički uticaj pomenute nezavisno promenljive na nižem pragu značajnosti ($p < 0,05$) je primetan i za sadržaj sledećih esencijalnih aminokiselina: valina, izoleucina, metionina i histidina. Linearni uticaj konzumnog suncokreta je značajan i za esencijalnu aminokiselinu leucin i uslovno esencijalnu aminokiselinu glicin na pragu značajnosti od 90%.

Kvadratni uticaj konzumnog suncokreta je potvrđen samo za četiri aminokiseline: alanin ($p < 0,01$), lizin, izoleucin i tirozin ($p < 0,05$). Evidentno je da je uticaj druge nezavisno promenljive značajno manje izražen na većinu ispitivanih aminokiselina što je u skladu sa sastavom i količinom dodatog divljeg origana. Jedino je statistički značajan uticaj količine divljeg origana zabeležen kod serina ($p < 0,01$), lizina, cisteina i tirozina ($p < 0,05$) i histidina na najmanjem pragu značajnosti od 90% ($p < 0,10$). Minimalan uticaj na zavisno promenljivu ima I interakcija funkcionalnih dodataka, I to samo za glicin I asparagin, na najmanjem pragu značajnosti ($p < 0,10$).

Tabela 4.15.1 Analiza uticaja članova SOP modela na esencijalne aminokiseline fleks proizvoda

	df	Lizin	Treonin	Valin	Izoleucin	Leucin	Metionin	Fenilalanin	Histidin
suncokret	1	10,42 ⁺	9,60	7,35 [*]	17,07 [*]	2,02 ^{**}	4,27 [*]	2,82	6,67 [*]
suncokret²	1	0,75 ^{**}	0,00	0,75	5,33 ^{**}	0,75	0,00	10,08	3,00
origano	1	2,00 [*]	8,00	0,50	0,00	0,13	0,00	3,12	4,50 ^{**}
origano²	1	0,00	8,17	0,67	2,67	1,04	0,67	2,04	0,17
suncokret × origano	1	0,00	1,60	1,60	0,90	0,02	0,90	1,23	0,40
greška	6	1,08	25,30	4,05	8,70	2,96	2,83	13,63	5,93

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05; ^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Tabela 4.15.2 Analiza uticaja članova SOP modela na uslovno esencijalne aminokiseline fleks proizvoda

	df	Glicin	Prolin	Glutamin	Cistin	Tirozin	Arginin
suncokret	1	16,02 ^{**}	173,40 ⁺	1,35	0,82	281,67 ⁺	58,02
suncokret²	1	4,08	3,00	216,75	0,08	8,33 ^{**}	270,75
origano	1	0,50	12,50	3,12	2,00 [*]	18,00 [*]	12,50
origano²	1	1,50	1,50	12,04	0,17	0,17	640,67
sunc × orig	1	22,50 ^{**}	0,00	15,62	0,40	4,90	8,10
greška	6	25,65	40,60	284,03	1,45	10,60	2724,88

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05; ^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Tabela 4.15.3 Analiza uticaja članova SOP modela na neesencijalne aminokiseline fleks proizvoda

	df	Alanin	Serin	Asparagin
suncokret	1	3952,82 ⁺	109,35 ⁺	153,60 ⁺
suncokret²	1	574,08 ⁺	2,08	0,33
origano	1	0,50	24,50 ⁺	3,12
origano²	1	0,67	4,17 ^{**}	2,04
suncokret × origano	1	0,40	0,10	9,03 ^{**}
greška	6	206,45	6,72	13,54

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05; ^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

Tabela 4.15.4 Regresioni koeficijenti za predikciju esencijalnih aminokiselina fleks proizvoda

	Lizin	Treonin	Valin	Izoleucin	Leucin	Metionin	Fenilalanin	Histidin
nulti član	24,75±0,36 ⁺	47,95±1,73 ⁺	30,70±0,69 ⁺	27,72±1,01 ⁺	97,73±0,59 ⁺	19,15±0,58 ⁺	33,09±1,27 ⁺	19,20±0,84 ⁺
suncokret	0,03±0,14	0,40±0,66	-0,35±0,26	-1,12±0,38 [*]	-0,36±0,22	0,08±0,22	-1,18±0,48 [*]	0,79±0,32 [*]
suncokret²	0,03±0,01 ^{**}	0,00±0,07	0,03±0,03	0,07±0,04 ^{**}	0,03±0,02	0,00±0,02	0,10±0,05 ^{**}	-0,06±0,03
origano	1,00±1,16	10,20±5,59	-0,30±2,23	3,10±3,28	-2,10±1,91	1,10±1,87	3,70±4,10	1,10±2,71
origano²	0,00±1,04	-7,00±5,03	2,00±2,01	-4,00±2,95	2,50±1,72	-2,00±1,68	-3,50±3,69	1,00±2,44
sunc × orig	0,00±0,09	-0,27±0,43	-0,27±0,17	0,20±0,25	-0,03±0,15	0,20±0,14	0,23±0,32	-0,13±0,21

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05;

^{**} statistički značajno na nivou p<0,1

Tabela 4.15.5 Regresioni koeficijenti modela za predikciju uslovno esencijalnih aminokiselina fleks proizvoda

	Glicin	Prolin	Glutamin	Cistin	Tirozin	Arginin
nulti član	29,37±1,74 ⁺	66,90±2,19 ⁺	193,68±5,79 ⁺	10,03±0,41 ⁺	44,03±1,12 ⁺	70,15±17,94 ⁺
suncokret	1,43±0,66 ^{**}	1,63±0,83 ^{**}	-4,57±2,20 ^{**}	-0,07±0,16	-2,04±0,42 ⁺	-4,39±6,80
suncokret²	-0,06±0,07	-0,06±0,08	0,47±0,22 ^{**}	0,01±0,02	0,09±0,04 ^{**}	0,53±0,68
origano	8,00±5,62	-0,50±7,08	3,50±18,72	1,40±1,34	-1,90±3,62	-62,20±57,97
origano²	-3,00±5,06	3,00±6,37	-8,50±16,85	-1,00±1,20	1,00±3,26	62,00±52,20
sunc × orig	-1,00±0,44 ^{**}	0,00±0,55	0,83±1,45	0,13±0,10	-0,47±0,28	0,60±4,49

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05; ^{**} statistički značajno na nivou p<0,1

Tabela 4.15.6 Regresioni koeficijenti modela za predikciju neesencijalnih aminokiselina fleks proizvoda

	Alanin	Serin	Asparagin
nulti član	3952,82 ⁺	109,35 ⁺	153,60 ⁺
suncokret	574,08 ⁺	2,08	0,33
suncokret ²	0,50	24,50 ⁺	3,12
origano	0,67	4,17 ^{**}	2,04
origano ²	0,40	0,10	9,03 ^{**}
sunc × orig	206,45	6,72	13,54

⁺ statistički značajno na nivou p<0,01; ^{*} statistički značajno na nivou p<0,05;

^{**} statistički značajno na nivou p<0,10

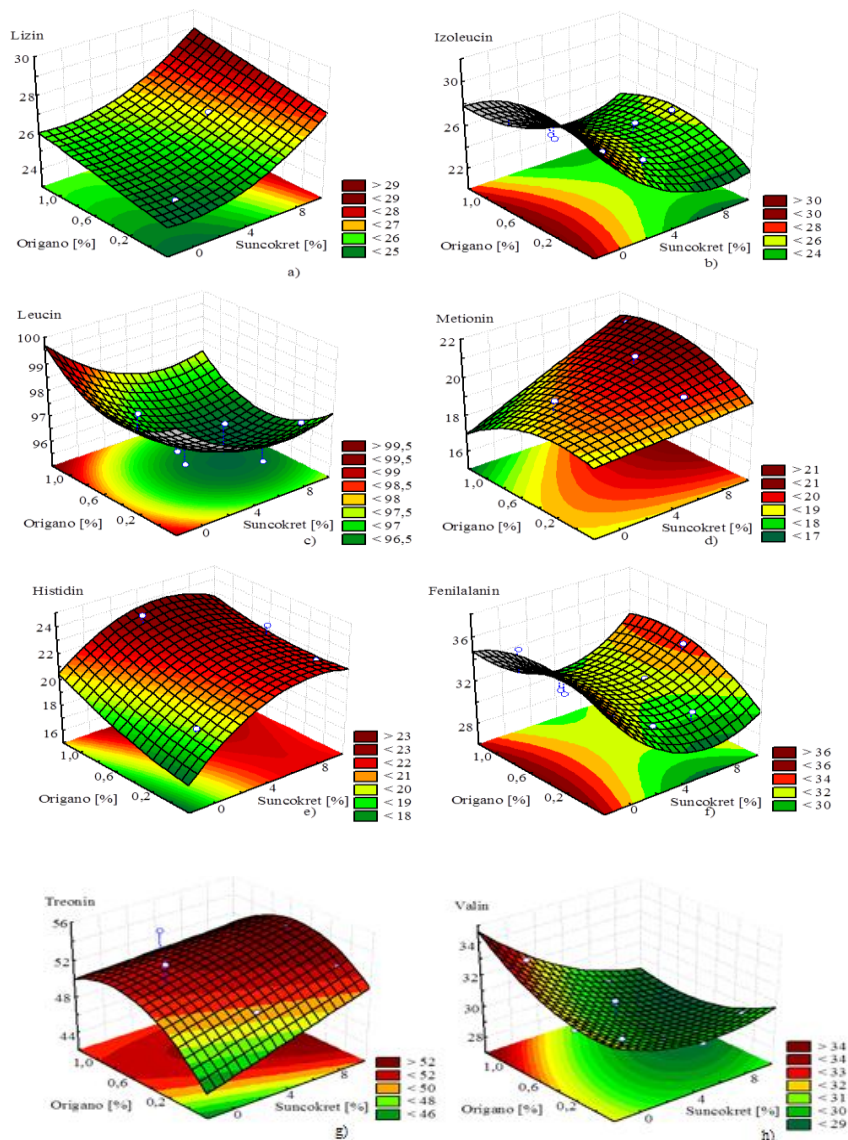
U cilju verifikacije odabranih matematičkih modela izračunate su greške (tabela 4.15.7), na osnovu kojih možemo uočiti da se sadržaj arginina i glutamina ne može pouzdano predvideti na bazi odabranog modela. Izuzetno visoka vrednost parametra χ^2 (908,294 za arginin) i (94,675 za glutamin), kao i najniži koeficijenti determinacije (0,267 i 0,467) ukazuju da primena ovog modela nije opravdana za predviđanje sadržaja arginina i glutamina.

Tabela 4.15.7 Verifikacija matematičkih modela za predikciju aminokiselina proizvoda

Aminokiselina	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r ²
Lizin	0,361	0,520	0,00	2,863	0,924
Treonin	8,433	2,515	-1,4E-14	6,617	0,520
Valin	1,350	1,006	-8,9E-15	4,441	0,728
Izoleucin	2,900	1,475	-8,9E-16	9,059	0,749
Leucin	0,986	0,860	1,07E-14	1,210	0,572
Metionin	0,944	0,842	8,88E-16	6,065	0,673
Fenilalanin	4,542	1,846	1,51E-14	8,537	0,586
Histidin	1,978	1,218	-1,2E-14	8,269	0,713
Glicin	8,550	2,532	-3,6E-15	10,630	0,635
Prolin	13,533	3,186	1,42E-14	5,826	0,824
Glutamin	94,675	8,427	-5E-14	6,732	0,467
Cistin	0,483	0,602	-1,1E-14	7,870	0,705
Tirozin	3,533	1,628	5,33E-15	6,558	0,967
Arginin	908,294	26,100	-5,3E-14	182,679	0,267
Alanin	68,817	7,184	-1,8E-14	14,433	0,956
Serin	2,239	1,296	-1,2E-14	5,016	0,954
Asparagin	4,514	1,840	-2,1E-14	3,118	0,925

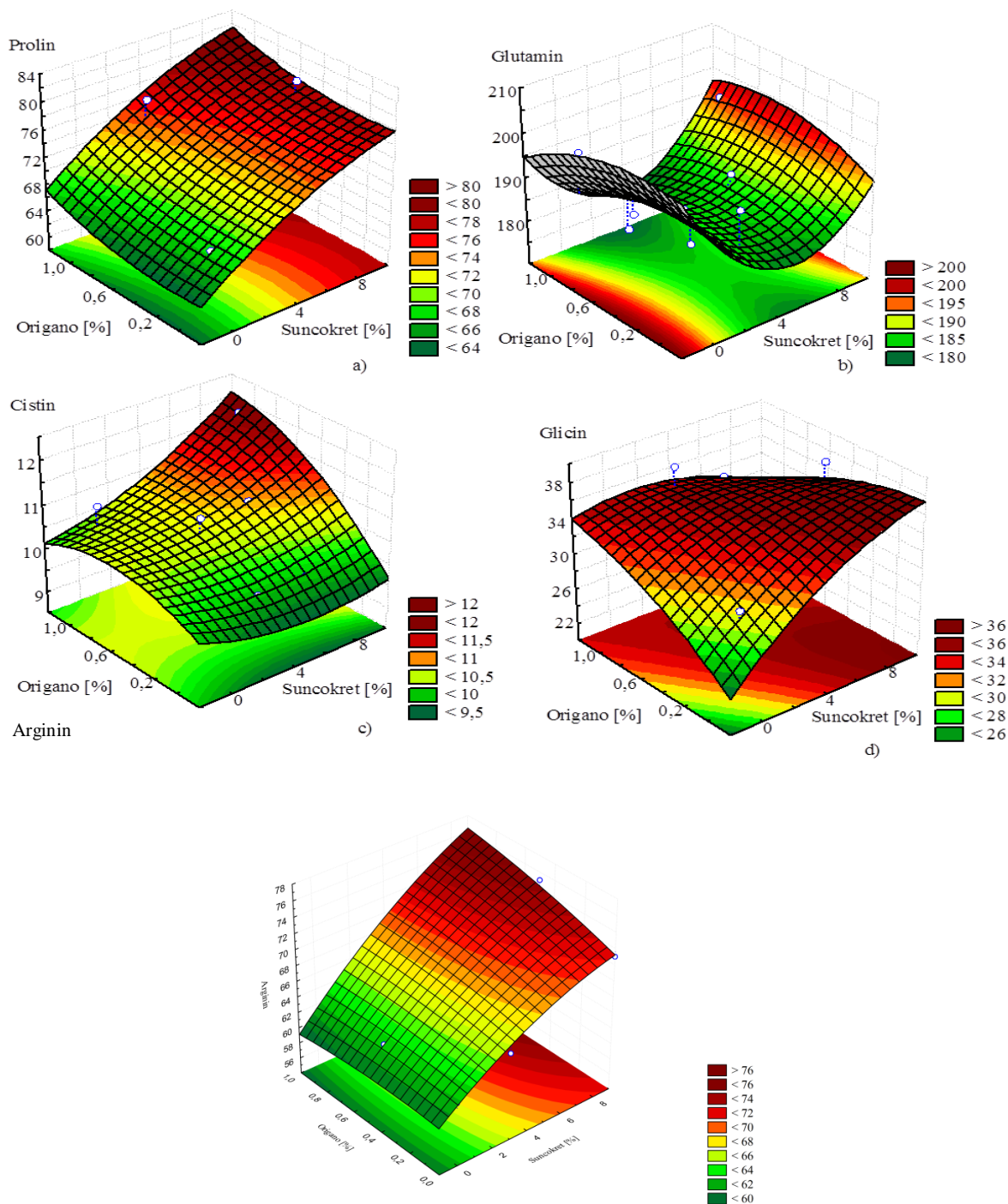
Nešto pouzdaniji rezultati se mogu dobiti pri predviđanju sadržaja leucina, fenilalanina, treonina i glicina (r^2 u intervalu od 0,520 do 0,635). Vrednosti koeficijenta determinacije iznad 0,705 pa do 0,956, dobijene za većinu aminokiselina, ukazuju da varijacije nezavisno promenljivih značajnije utiču na varijacije sadržaja aminokiselina.

Na osnovu 3D dijagrama na slici 4.11 uočava se da povećanje količine suncokreta utiče na povećanje sadržaja sledećih esencijalnih aminokiselina: lizina, metionina, histidina i treonina dok je dodatak origana imao uticaja na metionin, histidin, treonin i valin.



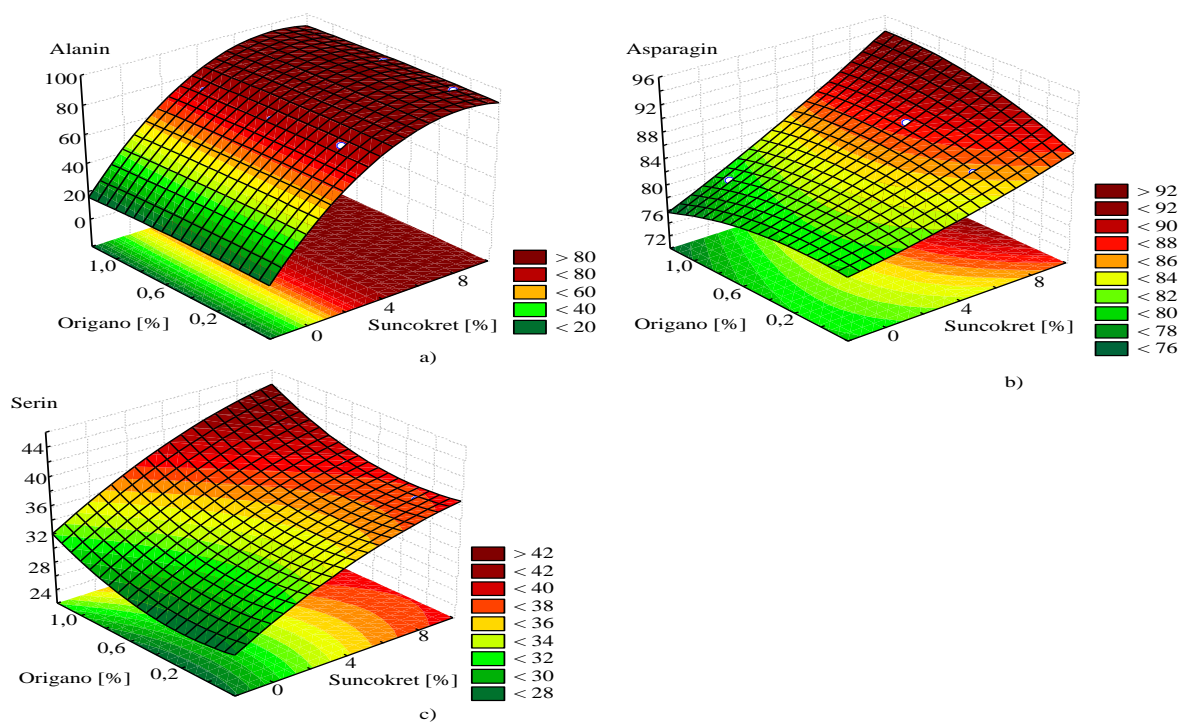
Slika 4.11 Uticaj funkcionalnih komponenti na sadržaj esencijalnih aminokiselina fleks proizvoda a) lizin b) izoleucin c) leucin d) metionin e) histidin f) fenilalanin g) treonin h) valin

Dodatak suncokreta je uticao na povećanje sadržaja prolina, glicina i arginina, dok je dodatak origana imao uticaj na povećanje sadržaja cistina i glicina u fleks proizvodu, što je vidljivo na 3D dijagramima na slici 4.12.



Slika 4.12 Uticaj funkcionalnih komponenti na sadržaj uslovno esencijalnih aminokiselina fleks proizvoda a) prolina b) glutamina c) cisteina d) glicina e) arginina f) arginina

Na osnovu 3D dijagrama prikazanih na slici 4.13 vidi se uticaj nezavisno promenljivih na sadržaj neesencijalnih aminokiselina. Povećanje količine suncokreta utiče na povećanje sadržaja alanina, asparagina i serina dok dodatak origana nema značajan uticaj na sadržaj neesencijalnih aminokiselina.



Slika 4.13 Uticaj funkcionalnih komponenti na sadržaj neesencijalnih aminokiselina fleks proizvoda a) alanin b) asparagin c) serin

Kvalitet proteina

Rezultati vrednovanja kvaliteta proteina fleks proizvoda (KF1-KF12) prikazani su u tabeli 4.16, gde je *score* vrednost određena za sledeće aminokiseline (lizin, aminokiseline sa sumporom i treonin), koje su označene od strane WHO/FAO/UNU (2002) kao deficitarne u proteinima. Za izračunavanje su korišćene vrednosti za kategoriju potrošača starijih od 18 godina, odnosno odrasle osobe. Rezultati pokazuju da je u svim ispitivanim uzorcima fleks proizvoda (KF1 do KF12) limitirajuća aminokiselina lizin, jer su *score* vrednosti svih ispitivanih uzoraka manje od 1. Dodatak konzumnog suncokreta utiče na povećanje vrednosti *scora* za 7

(6% dodatog suncokreta) odnosno 11% (9% dodatog suncokreta), što ukazuje na bolje iskorišćenje proteina u proizvodu.

Tabela 4.16 Kvalitet proteina fleks proizvoda

Uzorak	Score aminokiselina			PDCAAS za lizin
	Lizin	AK sa sumporom	Treonin	
KF1	0,56	1,32	2,04	47,6
KF2	0,56	1,32	2,17	47,7
KF3	0,58	1,36	2,17	49,5
KF4	0,60	1,36	2,26	51,3
KF5	0,56	1,36	2,00	47,6
KF6	0,56	1,36	2,17	47,7
KF7	0,60	1,46	2,26	51,2
KF8	0,62	1,40	2,35	53,0
KF9	0,56	1,32	2,13	47,6
KF10	0,56	1,32	2,35	47,7
KF11	0,60	1,41	2,26	51,2
KF12	0,62	2,26	2,26	53,0

Ocena vrednosti proteina je urađena i u skladu sa predlogom radne grupe FAO/WHO eksperata iz 1991 godine da se definiše PDCAAS vrednost koja predstavlja svarljivost proteina korigovana aminokiselinskim *score*-om (FAO, 1991). PDCAAS vrednost, tabela 4.16, u fleks proizvodu se povećava sa povećanjem udela konzumnog suncokreta u sastavu proizvoda, prvenstveno zahvaljujući većoj svarljivosti proteina konzumnog suncokreta (90%) u odnosu na svarljivost kukuruza (85%) (WHO/FAO/UNU, 2012).

U skladu sa FAO/WHO/UNU, (2002) podacima metaboličke potrebe za proteinima i aminokiselinama su različite u zavisnosti od uzrasta odnosno godina života. U tabeli 4.17 su prikazane *score* i PDCAAS vrednosti za 4 različite starosne grupe. Unutar iste starosne grupe promene *score-a* i PDCAAS-a zavise od udela konzumnog suncokreta u sastavu fleks proizvoda kao što je pokazano i u tabeli 4.16. Potrebe za lizinom kao limitirajućom aminokiselinom su veće u ranijem dobu života te su i vrednosti PDCAAS-a značajno niže u odnosu na vrednosti za odrasle osobe, odnosno starije od 18 godina.

Tabela 4.17 Score i PDCAAS za različite starosne grupe

Uzorak	0-5 god		1-2 god		4-18 god		>18 god	
	score	PDCAAS	score	PDCAAS	score	PDCAAS	score	PDCAAS
KF1	0,44	37,4	0,48	40,8	0,52	44,2	0,56	47,6
KF2	0,44	37,5	0,48	40,9	0,52	44,3	0,56	47,7
KF3	0,46	39,2	0,50	42,6	0,54	46,1	0,58	49,5
KF4	0,47	40,2	0,52	44,4	0,56	47,9	0,60	51,3
KF5	0,44	37,4	0,48	40,8	0,52	44,2	0,56	47,6
KF6	0,44	37,5	0,48	40,9	0,52	44,3	0,56	47,7
KF7	0,47	40,1	0,52	44,4	0,57	48,6	0,60	51,2
KF8	0,49	41,9	0,54	46,1	0,58	49,6	0,62	53,0
KF9	0,46	39,1	0,50	42,5	0,54	45,9	0,56	47,6
KF10	0,46	39,2	0,50	42,6	0,54	46,0	0,56	47,7
KF11	0,47	40,1	0,52	44,4	0,57	48,6	0,60	51,2
KF12	0,49	41,9	0,54	46,1	0,58	49,6	0,62	53,0

Rezultati pokazuju da proteini fleks proizvoda sa dodatkom konzumnog suncokreta nutritivno više odgovaraju potrebama odraslih osoba (tabela 4.17), što je i očekivano s obzirom na činjenicu da su deca od 2 do 5 godina nutritivno najzahtevnija starosna grupa i da su kod njih povećane potrebe za proteinima (Novaković, Miroslavljević, 2002).

4.3.6 Mikrobiološki kvalitet fleks proizvoda

Rezultati mikrobioloških ispitivanja ukazuju da se postupkom ekstrudiranja i pored relativno niske temperature sušenja (85°C) u trajanju od 12 min i pritiska ekstrudiranja od 40 bar može izvršiti značajna redukcija mikroorganizama.

Mikrobiološkom analizom sirovina utvrđen je ukupan broj mikroorganizama, kvasaca i plesni i *Enterobacteriace* za kukuruzno brašno, za konzumni suncokret i suvi ostatak divljeg origana (tabela 4.18). Rezultati pokazuju da je najveći sadržaj ukupnih mikroorganizama i *Enterobacteriace* registrovan u konzumnom suncokretu, a najmanji u kukuruznom brašnu. Najveći broj kvasaca je nađen u suvom ostatku divljeg origana.

Tabela 4.18 Mikrobiološki kvalitet kukuruznog brašana i funkcionalnih dodataka

Sirovine	Ukupan broj mikroorganizama (cfu/g)	Kvasci i plesni (cfu/g)	<i>Enterobacteriace</i> (cfu/g)
Kukuruzno brašno	1000	1000	<10
Konzumni suncokret	36000	12000	500
Suvi ostatak divljeg origana	16000	98000	<10

cfu – broj jedinica koje formiraju kolonije

Mikrobiološka analiza fleks proizvoda sa dodatkom funkcionalnih komponenti prikazana je u tabeli 4.18.1. Prezentovani rezultati ukazuju da je u fleks proizvodima došlo do značajnog smanjenja broja svih ispitivanih mikroorganizama, broja ukupnih mikroorganizama, kvasaca i plesni i mikroorganizama iz familije *Enterobacteriace*, što je u skladu sa navodima Filipović i sar. (2010).

Tabela 4.18.1 Sadržaj mikroorganizama u fleks proizvodu

Uzorak	Ukupan broj mikroorganizama (cfu/g)	Kvasci i plesni (cfu/g)	<i>Enterobacteriace</i> (cfu/g)
KF1	<10	<100	<10
KF2	<10	<100	<10
KF3	<10	<100	<10
KF4	<10	<100	<10
KF5	<10	<100	<10
KF6	<10	<100	<10
KF7	<10	<100	<10
KF8	<10	<100	<10
KF9	<10	<100	<10
KF10	<10	<100	<10
KF11	<10	<100	<10
KF12	<10	<100	<10

cfu – broj jedinica koje formiraju kolonije

4.3.7 Ispitivanje stava potrošača o prihvatljivosti fleks proizvoda

Kvalitet fleks proizvoda definisan je potrošačkim testom koji je obuhvatio ocenjivanje ukusa, mirisa, osobina pri žvakanju i određivanjem opšte prihvatljivosti proizvoda hedonskom skalom u 9 nivoa (tabela 4.19).

Na osnovu dobijenih rezultata uočava se da je dodatak konzumnog suncokreta uticao na pogoršanje kvaliteta proizvoda, jer se vrednosti sva četiri ispitivana parametra senzorne analize (ukus, miris, osobine pri žvakanju i opšta prihvatljivost) smanjuju u funkciji povećanja količine konzumnog suncokreta. Navedene promene su na nivou od 5 do 20%, pri čemu su potrošači registrovali značajnije razlike u ukusu proizvoda. Takođe je evidentan pozitivan uticaj dodatka divljeg origana jer su ocene u uzorcima sa 0,5% i 1% origana bolje za 5 do čak 25% u odnosu na uzorke KF1, KF2, KF3 i KF4. Ocene uzorka sa različitim udelima konzumnog

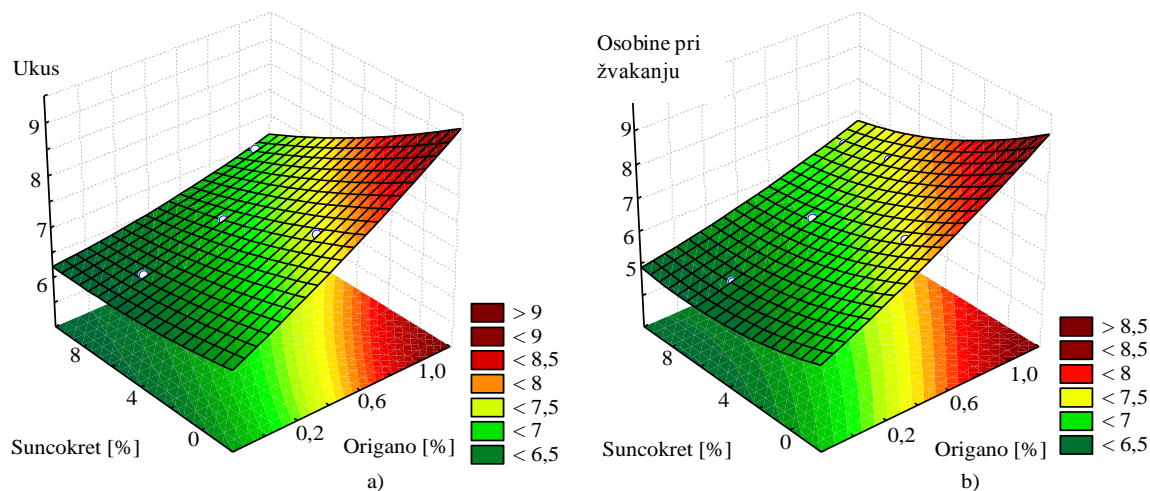
suncokreta i suvog ostatka divljeg origana svih ispitivanih parametara su bile od 6-8 (“malo mi se dopada” do “veoma mi se dopada”), što se zapaža i na 3D dijagramima, slika 4.14.

Tabela 4.19 Prikaz rezultata potrošačkog testa za fleks proizvod

Uzorak	Ukus	Miris	Osobine pri žvakanju	Opšta prihvatljivost
KF1	6,60±1,52	6,76±1,53	6,98±1,80	6,78±1,47
KF2	6,45±1,60	6,60±1,60	6,26±1,85	6,44±1,61
KF3	6,60±1,81	6,62±1,81	6,31±1,89	6,51±1,85
KF4	6,33±1,71	6,55±1,66	5,76±2,03	6,21±1,72
KF5	7,83±1,67	7,61±1,55	7,76±1,61	7,73±1,29
KF6	7,05±1,57	7,05±1,81	7,00±1,62	7,33±1,42
KF7	6,98±1,54	7,07±1,70	6,90±1,72	6,98±1,61
KF8	6,29±1,98	6,57±1,90	5,98±2,04	6,28±1,99
KF9	8,36±0,89	8,10±1,30	8,57±0,83	8,34±0,92
KF10	7,80±1,54	7,54±1,83	7,63±1,59	7,66±1,57
KF11	7,39±1,63	7,46±1,61	6,83±1,69	7,23±1,61
KF12	7,22±1,85	7,32±1,78	6,95±1,97	7,16±1,70

Uzorak KF4 (9% konzumnog suncokreta i 0% suvog ostatka divljeg origana) ocenjen je najnižim ocenama (između 5 i 6), a opšta prihvatljivost ocenom 6 (malo mi se dopada). Sa druge strane ocenjivači su uzorak KF9 ocenili kao najbolji (0% konzumnog suncokreta i 1% suvog ostatka divljeg origana), ocenom 8 (“veoma mi se dopada”) za miris, ukus i osobine pri žvakanju, kao i za opštu prihvatljivost.

Povećanje količine origana pozitivno utiče na parametre ukus i osobine pri žvakanju, dok je povećanje količine suncokreta imalo negativan uticaj na pomenute parametre. 3D dijagrami na slici 4.14. ilustruju uticaj obe nezavisno promenjive na rezultate potrošačkog testa.



Slika 4.14 Uticaj funkcionalnih komponenti na rezultate potrošačkog testa
a)ukus b) osobine pri žvakanju fleks proizvoda

Dobijeni rezultati su statistički obrađeni primenom SOP modela i regresione analize i prikazani u tabelama 4.19.1, 4.19.2 i 4.19.3. Na osnovu analize primenom SOP modela utvrđeno je da postoji statistički značajna zavisnost obe nezavisno promenljive (količine suncokreta, količine suvog ostatka divljeg origana) i ispitivanih zavisnih parametara kvaliteta (miris, ukus, osobine pri žvakanju i opšta prihvatljivost), na nivou $p < 0,01$. Uticaj interakcije nezavisno promenljivih utvrđen je samo za ukus proizvoda i to na najmanjem pragu značajnosti $p < 0,10$.

Tabela 4.19.1 Analiza uticaja članova SOP modela na parametare potrošačkog testa

	df	Ukus	Miris	Osobine pri žvakanju	Opšta prihvatljivost
suncokret	1	2,875 ⁺	1,890 ⁺	2,734 ⁺	2,475 ⁺
suncokret ²	1	0,009	0,005	0,000	0,004
origano	1	1,402 ⁺	0,624 ⁺	3,599 ⁺	1,772 ⁺
origano ²	1	0,010	0,027	0,092	0,010
suncokret × origano	1	0,254 ^{**}	0,080	0,107	0,136
greška	6	0,347	0,183	0,459	0,264

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Rezultati regresione analize su samo delimično usaglašeni sa metodom SOP, jer ukazuju da su statistički značajni samo regresioni koeficijenti nultog člana jednačine ($p < 0,01$) i lineranog člana origana i to za ukus, miris i osobine pri žvakanju na pragu značajnosti od 90%, a za prihvatljivost od 95%. Rezultati su potpuno usaglašeni kada je u pitanju uticaj interakcije nezavisno promenljivih na ukus, jer je utvrđen statistički značaj regresionog koeficijenta za pomenuti član regresionog modela na novou $p < 0,10$.

Tabela 4.19.2 Regresioni koeficijenti modela za predikciju senzorskih parametara Kvaliteta fleks proizvoda

	Ukus	Miris	Osobine pri žvakanju	Opšta prihvatljivost
nulti član	6,74±0,20 ⁺	6,85±0,15 ⁺	6,99±0,23 ⁺	6,85±0,18 ⁺
suncokret	1,44±0,65 ^{**}	1,07±0,48 ^{**}	1,47±0,75 ^{**}	1,62±0,57 [*]
suncokret²	0,24±0,59	0,17±0,43	0,01±0,68	-0,15±0,51
origano	-0,08±0,08	-0,09±0,06	-0,22±0,09 ⁺	-0,10±0,07
origano²	0,00±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	0,00±0,01
sunc × orig	-0,11±0,05 ^{**}	-0,06±0,04	-0,07±0,06	-0,08±0,04

⁺ statistički značajno na nivou $p < 0,01$; ^{*} statistički značajno na nivou $p < 0,05$;

^{**} statistički značajno na nivou $p < 0,10$

Sa ciljem verifikacije odabranih matematičkih modela izračunate su vrednosti parametara χ^2 , RMSE, MBE, MPE i r^2 (tabela 4.19.3), na osnovu kojih možemo uočiti da se (ukus, miris, osobine pri žvakanju i opšta prihvatljivost) mogu pouzdano predvideti na bazi odabranog modela.

Tabela 4.19.3 Verifikacija matematičkih modela za predikciju senzorskih parametara kvaliteta fleks proizvoda

	χ^2	RMSE	MBE	MPE	r^2
Ukus	0,116	0,295	3,55E-15	6,162	0,929
Miris	0,061	0,214	2,22E-15	4,454	0,935
Osobine pri žvakanju	0,153	0,339	2,66E-15	7,287	0,934
Opšta prihvatljivost	0,088	0,257	0,00	5,563	0,943

4.3.8 Optimizacija sirovinskog sastava funkcionalnog fleks proizvoda

Za optimizaciju fleks proizvoda sa funkcionalnim komponentama odabrane su sledeće kombinacije tehnoloških parametara (tvrdoća, hrskavost), pokazatelji nutritivne vrednosti (sadržaj kalcijuma, gvožđa, fenola, FRAP-a, zasićenih masnih kiselina, nezasićenih masnih kiselina i PDCAAS vrednost za lizin) kao i ocena opšte prihvatljivosti proizvoda. Standardne ocene fleks proizvoda su prikazane u tabeli 4.20. Standardne ocene iznad 0,5 dobijene su kod uzoraka KF4, KF11 i KF12 ukazuju na bolji kvalitet proizvoda u celini. Takođe je evidentno da je dodatak funkcionalnih komponenti pozitivno uticao na sadržaj Ca i Fe, ukupnih fenola i FRAP vrednosti, kao i kvaliteta proteina.

Na osnovu potrošačkog testa i izračunate standardne ocene za opštu prihvatljivost zapaženo je da se potrošačima dopadao korn fleks sa dodatkom divljeg origana, dok su uzorci sa konzumnim suncokretom bili značajno manje prihvatljivi. Ocene opšte prihvatljivosti su naročito niske kod uzoraka bez divljeg origana (KF1, KF2, KF3 i KF4), pa se pretpostavlja da se potrošačima ne dopada ukus suncokreta. Kod uzoraka kod kojih je divlji origano ublažio ukus suncokreta standardne ocene za opštu prihvatljivost su bile znatno bolje.

Na osnovu standardnih ocena uticajnih parametra i kvaliteta proizvoda u celini evidentno je da uzorak KF12 ima najveću standardnu ocenu (0,76), što ukazuje da se dodatkom maksimalne količine konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana može dobiti funkcionalan proizvod dobrih fizičkih, nutritivnih i senzornih karaktersitika.

Tabela 4.20 Standardne ocene uticajnih parametara na kvalitet fleks proizvod

Uzorak	Tvrdoća	Hrskavost	Ca	Fe	Fenoli	FRAP	SAFA	MUFA	PDCAAS	Opšta prihvatljivost	Ocena
KF1	0,72	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,27	0,15
KF2	0,65	0,35	0,11	0,33	0,20	0,18	0,14	0,73	0,02	0,11	0,28
KF3	0,57	0,17	0,31	0,66	0,34	0,29	0,14	0,93	0,35	0,14	0,39
KF4	0,40	0,43	1,00	0,69	0,48	0,83	1,00	1,00	0,69	0,00	0,65
KF5	0,66	0,42	0,00	0,01	0,11	0,01	0,14	0,01	0,00	0,71	0,21
KF6	0,61	0,31	0,11	0,35	0,32	0,21	0,04	0,88	0,02	0,53	0,36
KF7	0,50	0,27	0,33	0,67	0,44	0,45	0,05	0,91	0,67	0,36	0,46
KF8	0,24	0,16	0,34	0,99	0,62	0,80	0,31	0,93	0,02	0,03	0,44
KF9	1,00	0,00	0,00	0,02	0,17	0,04	0,14	0,00	0,00	1,00	0,14
KF10	0,96	0,06	0,11	0,38	0,45	0,29	0,14	0,81	0,02	0,68	0,39
KF11	0,73	0,37	0,33	0,74	0,78	0,56	0,00	0,87	0,67	0,52	0,56
KF12	0,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,23	0,93	1,00	0,45	0,76

4.4. DEFINISANJE NIVOVA ZNANJA POTROŠAČA O ZNAČAJU FUNKCIONALNE HRANE

Uprkos porastu istraživanja o funkcionalnoj hrani, još uvek se malo zna koji psihosocijalni faktori imaju uticaj na stavove potrošača prema funkcionalnoj hrani (Devcich i sar., 2007). Razumevanje motiva koji određuju izbor hrane je veoma važno za uspešnu izradu promotivne kampanje, i od suštinskog je značaja za razvoj efikasnih strategija vezano za unapređenje ishrane i zdravlja (Honkanen, Frewer, 2009). Spremnost potrošača da prihvate funkcionalne proizvode bazirana je na poverenju da im pomenute namirnice obezbeđuju određene zdravstvene koristi (Urala i Lahtemaki, 2004; Verbeke, 2006, Vidal i sar., 2013; De Boer i sar., 2007).

Upravo navedeni stavovi su uticali na sagledavanje potrebe da se u okviru ovog istraživanja ispita nivo znanja potrošača o funkcionalnoj hrani i njihovih motiva prilikom izbora namirnica. A samim tim i utvrde mogućnosti prihvatanja formulisanog funkcionalnog fleks proizvoda na domaćem tržištu.

Sprovedena je anketa na teritoriji Novog Sada kod grupa potrošača različitih sociodemografskih karakteristika (starost, nivo obrazovanja i visina primanja). Ispitanici su svoje stavove izražavali putem petostepene Likertove skale, gde je na svako postavljeno pitanje bilo ponuđeno pet odgovora na osnovu kojih su formirane ocene od 1 do 5: 1-uopšte se ne slažem, 2-delimično se ne slažem, 3-nemam stav, 4-delimično se slažem, 5-u potpunosti se slažem.

Analizom varijanse (ANOVA) ispitano je postojanje statistički značajnih veza između nezavisnih promenljivih (sociodemografske karakteristike; prvi deo upitnika) i zavisnih promenljivih (elementi koji se odnose na očekivanje i percepciju).

Takođe, da bi se utvrdilo između kojih grupa, unutar pojedinih sociodemografskih kategorija, postoje razlike i u kojem smeru, primenjen je LSD post-hoc test (LSD post hoc test). Nivo statističke značajnosti ocena od strane potrošača koji pripadaju različitim grupama iskazan je matematičkim simbolima ">" (statistički značajno veće) ili "<" (statistički

značajno niže). Ukoliko nisu utvrđene statistički značajne razlike između grupa u tabelu je unet je znak /.

Rezultati ispitivanja stava potrošača iz tri starosne grupe, kao i analiza varijanse dobijenih rezultata ankete prikazani su u tabeli 4.21.

Tabela 4.21 ANOVA rezultata ankete u odnosu na starost ispitanika

Pitanje	Grupa 1: 18-35	Grupa 2: 36-50	Grupa 3: >50	F	LSD post hok test
upotreba funkcionalnih proizvoda je potpuno bezbedna	2,9412	3,6604	3,3729	7,724*	1<2,3 3<2
funkcionalna hrana mi daje više energije	3,7647	3,5283	3,4746	1,634	/
funkcionalna hrana popravlja moje raspoloženje	3,4118	3,1698	3,4915	3,697*	2<3
funkcionalna hrana pozitivno utiče na moje zdravlje	4,0588	4,0000	3,8475	1,041	/
pozitivni efekti funkcionalne hrane nisu dokazani	3,0588	2,8491	3,4068	11,438 *	1,2<3
funkcionalna hrana je potrebna ljudima sa specifičnim zdravstvenim problemima	3,0588	3,3208	3,2881	0,581	/
za zdrave osobe funkcionalna hrana je nepotrebna	2,7647	2,6981	2,7627	0,097	/
funkcionalna hrana je prevara	2,7647	2,2264	2,3220	3,900*	1>2,3
planiram da konzumiram funkcionalnu hranu u budućnosti	3,3529	3,8302	3,4746	4,165*	2>1,3

* Statistički značajno na nivou $p<0,05$

Kad je reč o stavu ispitanika na pitanje “funkcionalna hrana je prevara”, ustanovljeno je da ispitanici od 18-35 godina imaju statistički značajno manje poverenje u funkcionalne proizvode u odnosu na ostale starosne kategorije. Ovo se moglo i očekivati s obzirom da na rezultate istraživanja Košutić (2012), koji su potvrdili da veoma mali broj potrošača iz kategorije do 30 godina kupuje funkcionalne proizvode. Ispitanici koji pripadaju starosnoj kategoriji 36-50 godina imaju najveći stepen poverenja u bezbednost funkcionalnih proizvoda i planiraju da konzumiraju funkcionalne proizvode u budućnosti.

Potrošači stariji od 50 godina daju statistički značajno veće ocene na pitanja “funktionalna hrana popravljaju moje raspoloženje” i “pozitivni efekti funkcionalne hrane nisu dokazani” u odnosu na mlađe ispitanike. Drugim rečima, ispitanici stariji od 50 godina nisu uvereni u pozitivne efekte ovih proizvoda na zdravlje, međutim, smatraju da ovi proizvodi popravljaju njihovo raspoloženje.

Na bazi dobijenih rezultata analize varijanse (tabela 4.21), ustanovljeno je da ne postoji statistički značajna razlika između ispitivanih starosnih grupa kod odgovora na sledeća pitanja: funkcionalna hrana mi daje više energije, funkcionalna hrana pozitivno utiče na moje zdravlje, funkcionalna hrana je potrebna ljudima sa specifičnim zdravstvenim problemima i za zdrave osobe funkcionalna hrana je nepotrebna.

Analiza uticaja nivoa obrazovanja na stav ispitanika prikazana je u tabeli 4.22. Na osnovu rezultata analize vidi se da potrošači sa osnovnom i srednjom školom imaju statistički značajno manji stepen poverenja u bezbednost funkcionalnih proizvoda i njihov pozitivan uticaj na zdravlje u odnosu na ostale obrazovne kategorije.

Pomenuti rezultati su takođe usaglašeni sa rezultatima Košutić (2012) koji pokazuju da se sa povećanjem nivoa obrazovanja ispitanika povećava i zainteresovanost za kupovinu proizvoda koji se svrstavaju u funkcionalnu hranu.

Prezentovani rezultati statističke analize u tabeli 4.22 ukazuju da ne postoji statistički značajna razlika između grupa ispitanika različitih nivoa obrazovanja kod odgovora na sledeća pitanja: pozitivni efekti funkcionalne hrane nisu dokazani, funkcionalna hrana je potrebna ljudima sa specifičnim zdravstvenim problemima, za zdrave osobe funkcionalna hrana je nepotrebna i planiram da konzumiram funkcionalnu hranu u budućnosti.

Ankete su sprovedene i u 5 grupa ispitanika sa različitim nivoima primanja, a dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 4.23. Rezultati ovog ispitivanja pokazuju da ispitanici sa nižim primanjima imaju statistički značajno manji stepen poverenja u odnosu na ispitanike sa većim primanjima.

Pomenute razlike u stavovima ispitanika su uočljive kod pitanja o bezbednosti funkcionalnih proizvoda, o energetske vrednosti funkcionalne hrane, njenom uticaju na raspoloženje i na zdravlje.

Tabela 4.22 ANOVA rezultata anketa u odnosu na nivo obrazovanja ispitanika

Pitanje	1 osnovno	2 srednje	3 više	4 visoko	F	LSD post hoc test
upotreba funkcionalnih proizvoda je potpuno bezbedna	1,0000	2,8571	3,5500	3,7119	22,820*	1<2,3,4 4>2,3
funkcionalna hrana mi daje više energije	2,0000	3,3750	3,7143	3,6102	7,274*	1<2,3,4 2<3,4
funkcionalna hrana popravlja moje raspoloženje	2,0000	3,1356	3,4000	3,8214	11,591*	1<2,3,4 2<3, 2,3<4
funkcionalna hrana pozitivno utiče na moje zdravlje	1,0000	3,8644	3,9750	4,2500	18,122*	1<2,3,4 2,3<4
pozitivni efekti funkcionalne hrane nisu dokazani	3,5000	3,3250	3,0357	3,0339	2,104	/
funkcionalna hrana je potrebna ljudima sa specifičnim zdravstvenim problemima	2,5000	3,3250	3,2143	3,2881	0,598	/
za zdrave osobe funkcionalna hrana je nepotrebna	2,5000	2,7500	2,6786	2,7627	0,124	/
funkcionalna hrana je prevara	2,5000	2,5254	2,4000	1,8571	6,267*	4<1,2,3
planiram da konzumiram funkcionalnu hranu u budućnosti	2,5000	3,4500	3,6786	3,7119	2,442	/

*statistički značajno na nivou $p < 0,05$

Tabela 4.23 ANOVA rezultata ankete u odnosu na visinu primanja ispitanika

Pitanje	1 <25000	2 25-40000	3 41-60000	4 61-100000	5 >100000	F	LSD post hoc test
upotreba funkcionalnih proizvoda je potpuno bezbedna	1,0000	3,1750	3,4545	3,8400	4,0000	12,874*	1<2,3,4,5 2,3<4,5
funkcionalna hrana mi daje više energije	2,0000	3,4727	3,4750	3,8000	3,8571	5,931*	1<2,3,4,5 2,3<4,5
funkcionalna hrana popravlja moje raspoloženje	2,0000	3,0000	3,1200	3,4182	3,5250	4,715*	1<2,3,4,5
funkcionalna hrana pozitivno utiče na moje zdravlje	1,0000	3,9455	4,0250	4,0000	4,0000	11,441*	1<2,3,4,5
pozitivni efekti funkcionalne hrane nisu dokazani	3,5000	3,2182	3,2750	2,6800	3,1429	4,172*	1,2,3>4
funkcionalna hrana je potrebna ljudima sa specifičnim zdravstvenim problemima	2,5000	3,2000	3,4250	3,3600	2,8571	1,220	/
za zdrave osobe funkcionalna hrana je nepotrebna	2,5000	2,7818	2,8750	2,4400	2,7143	1,189	/
funkcionalna hrana je prevara	2,5000	2,1636	2,5000	2,3600	2,7143	1,939	/
planiram da konzumiram funkcionalnu hranu u budućnosti	2,5000	3,6182	3,5500	3,7600	3,5714	1,363	/

*statistički značajno na nivou $p < 0,05$

Statističkom analizom podataka koji su dobijeni anketiranjem ispitanika u 5 grupa sa različitom visinom primanja ispitanika (tabela 4.23), ustanovljeno je da ne postoji statistički značajna razlika kod odgovora na sledeća pitanja: funkcionalna hrana je potrebna ljudima sa specifičnim zdravstvenim problemima, za zdrave osobe funkcionalna hrana je nepotrebna, funkcionalna hrana je prevara i planiram da konzumiram funkcionalnu hranu u budućnosti.

Dok su kod odgovora na pitanja: upotreba funkcionalnih proizvoda je potpuno bezbedna, funkcionalna hrana mi daje više energije, funkcionalna hrana popravlja moje raspoloženje, funkcionalna hrana pozitivno utiče na moje zdravlje i pozitivni efekti funkcionalne hrane nisu dokazani primećena statistički značajna razlika.

Na bazi dobijenih rezultata ispitivanja nivoa znanja potrošača o funkcionalnoj hrani može se pretpostaviti da funkcionalni fleks proizvod će bolje prihvatiti potrošači stariji od 35 godina, visoko obrazovani i sa većim primanjima. Takođe je evidentno da je neophodno sprovesti kontinuiranu edukaciju potrošača svih starosnih grupa i drugih sociodemografskih karaktersitika o zdravstvenim prednostima upotrebe funkcionalnih proizvoda u ishrani.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja uticaja temperature sušenja (84, 105, 135, 148°C) na fizičke, hemijske i antioksidativne osobine fleks proizvoda mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Pri temperaturi sušenja od 84°C dobija se fleks proizvod najbolje strukture, optimalne nasipne mase od 150 (g⁻¹) i najvećeg stepena ekspanzije (9,36 g/ml), ali i maksimalne tvrdoće (8,88 kg) i rada kompresije (4,92 kgs⁻¹). Pomenuti uzorak karakteriše i najmanja prhkost (23600 N/A) i hrskavost (31758 gs) proizvoda.
- Sa povećanjem temperature sušenja značajno se povećava sadržaj zasićenih, a smanjuje sadržaj mono i polinezasićenih masnih kiselina. Fleks proizvod dobijen sušenjem flekica na 84°C ima niži sadržaj aterogenih zasićenih masnih kiselina, palmitinske za 70% i stearinske za 7%, a veći sadržaj esencijalnih masnih kiselina, linolne za 8% i linolenske za 30% u odnosu na uzorak kod koga je primenjena maksimalna temperatura sušenja.
- Primena temperature sušenja iznad 84°C uzrokuje strukturne promene proteina fleks proizvoda, koje se manifestuju blagim smanjenjem lizina za 15% i izraženijim povećanjem aminokiselina sa sumporom 20%.
- Primena viših teperatura sušenja (105, 135, 148°C) značajno smanjuje sadržaj fenola i antiradikalnu aktivnost ekstrakata fleks proizvoda. Fleks proizvod dobijen sušenjem flekica na 84°C ima maksimalan sadržaj fenola 1,75 mg GAE/g s.e., maksimalnu antiradikalnu aktivnost (1/IC₅₀ 6,25 mg/ml, FRAP vrednost 333,78 µg AAE/g s.e.).
- Najveću standardnu ocenu (0,91) ima fleks proizvod dobijen sušenjem flekica na temperaturi 84°C, a najnižu standardnu ocenu (0,17) fleks proizvod kod koga je primenjena temperatura sušenja od 148°C, što potvrđuje da je sa aspekta postizanja odgovarajućih uticajnih parametra kvaliteta proizvoda optimalna temperatura sušenja od 84°C.

Na osnovu rezultata ispitivanja uticaja količine konzumnog suncokreta (0, 3, 6 i 9%) i suvog ostatka divljeg origana (0, 0,5 i 1%) na fizičke, nutritivne, senzorske i mikrobiološke parametre kvaliteta, kao i antioksidativnu vrednost fleks proizvoda mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Dodatak konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana nema uticaj na temperaturu želatinizacije kukuruznog skroba, jer je ona kod svih ispitivanih uzoraka ujednačena i iznosi oko 74°C. Sa povećanjem količine konzumnog suncokreta se smanjuje maksimalni viskozitet, viskozitet tople i hladne paste. Promene reoloških parametra u funkciji količine suvog ostatka divljeg origana su znatno slabije izražene.
- Dodatak konzumnog suncokreta negativno utiče na fizičke karakteristike fleks proizvoda. Nasipna masa uzoraka sa 9% konzumnog suncokreta je manja za 50%, a stepen ekspanzije povećan za 35% u odnosu na uzorke bez suncokreta. Dodatak suvog ostatka divljeg origana ima suprotan efekat, odnosno smanjuje nasipnu masu i povećava stepen ekspanzije. Uzorak sa 0% suncokreta i 1% origana (KF9) ima najbolje fizičke karakteristike, minimalnu nasipnu masu od 150,2 gml⁻¹ i maksimalan stepen ekspanzije 9.36 mlg⁻¹.
- Dodatak konzumnog suncokreta i suvog ostatka divljeg origana značajno utiče na boju fleks proizvoda. Konzumni suncokret smanjuje svetloću i belinu, a povećava udeo žute boje i razlike u obojenosti. Dodatak suvog ostatka divljeg origana ima suprotan uticaj na pomenute parametre boje.
- Količina konzumnog suncokreta je u direktnoj korelaciji sa sadržajem proteina, lipida i skroba, dok je zavisnost ispitivanih hemijskih parametra od količine divljeg origana slabije izražena.
- Dodatak konzumnog suncokreta izaziva značajne promene u sadržaju mineralnih materija fleks proizvoda, naročito Ca, a potom i Cu. Pomenute promene su posledica 50, odnosno 10 puta većeg sadržaja Ca i Cu u konzumnom suncokretu u odnosu na kukuruzno brašno. Fleks proizvod sa 9% suncokreta i 1% divljeg origana (KF12) ima maksimalan sadržaj Zn 9,26 mg/kg, Cu 4,12 mg/kg, Mg 261,87 mg/kg i Fe 12,03 mg/kg.

- Dodatak konzumnog suncokreta značajno utiče na masnokiselinski sastav fleks proizvoda. Uzorci sa 9% konzumnog suncokreta imaju manji sadržaj palmitinske (C16:0) i linolenske (C18:3) kiseline za 15%, odnosno 60% u odnosu na uzorke bez dodatka suncokreta. U pomenutim uzorcima je povećan sadržaj stearinske (C18:0) za 15% i oleinske kiseline (C18:1) za 25%. Promene sastava masnih kiselina uzrokovane dodatkom suvog ostatka divljeg origana su znatno manje izražene.
- Dodatak maksimalne količine suncokreta u sirovinski sastav fleks proizvoda ima pozitivan uticaj na sadržaj uslovno esencijalnih aminokiselina, ali i esencijalnih aminokiselina lizina i histidina. Dodatak 1% suvog ostatka divljeg origana uzrokuje blago povećanje esencijalnih aminokiselina. Kada su u pitanju nesencijalne aminokiseline prisutan je rastući trend promene u funkciji količine konzumnog suncokreta.
- Nutritivna vrednost proteina se povećava sa povećanjem udela konzumnog suncokreta u sastavu fleks proizvoda, prvenstveno zahvaljujući većoj svarljivosti proteina konzumnog suncokreta (90%) u odnosu na svarljivost kukuruza (85%). Proteini funkcionalnog fleks proizvoda nutritivno više odgovaraju potrebama odraslih osoba, što je i očekivano s obzirom na činjenicu da su deca do 5 godina nutritivno najzahtevnija starosna grupa i da su kod njih povećane potrebe za proteini.
- Dodatak funkcionalnih komponenti u sirovinski sastav fleks proizvoda povećava sadržaj fenola dva puta, pri čemu maksimalna sadržaj fenola 2,84 mg GAE/g s.e ima uzorak sa 9% konzumnog suncokreta i 1% suvog ostatka divljeg origana (KF12). Pomenuti uzorak karakteriše i maksimalna antiradikalska aktivnost ekstrakata izražena preko parametara $1/IC_{50}$ (0,75 mg/ml) i FRAP vrednosti (1,57 μ g AAE/g s.e).
- Procesom ekstrudiranja dolazi do značajnog smanjenja ukupnog broja mikroorganizama, broja kvasaca i plesni i mikroorganizama iz familije *Enterobacteriaceae*, što je rezultat termičkog tretmana sirovina tokom ekstrudiranja.
- Dodatak suvog ostatka divljeg origana ima pozitivan efekat na opštu prihvatljivost fleks proizvoda od strane potrošača, dok dodatak konzumnog suncokreta negativno utiče na sva četiri parametra dopadljivosti proizvoda (ukus, miris, osobine pri žvakanju i opšta prihvatljivost). Kod uzoraka kod kojih je dodatak divljeg origana ublažio ukus suncokreta standardne ocene za opštu prihvatljivost su bile znatno

bolje. Uzorak fleks proizvoda sa 0 % suncokreta i 1% divljeg origana (KF9) je najbolje prihvaćen od strane potrošača (ocena 8 - veoma mi se dopada).

- Kvalitet fleks proizvoda KF12 ocenjen je maksimalnom standardnom ocenom 0,76, što potvrđuje da se dodatkom 9% kukuruznog suncokreta i 1% suvog ostatka divljeg origana može dobiti funkcionalan proizvod dobrih fizičkih, nutritivnih i senzornih karaktersitika.
- Na osnovu rezultata ispitivanja nivoa znanja potrošača o funkcionalnoj hrani zaključuje se je da bi funkcionalni fleks proizvod sa dodatkom divljeg origana i konzumnog suncokreta bolje prihvatili potrošači stariji od 35 godina, visoko obrazovani i sa većim primanjima. Međutim, i dalje je neophodno sprovesti kontinuiranu edukaciju potrošača svih starosnih grupa i drugih sociodemografskih karaktersitika o zdravstvenim prednostima upotrebe funkcionalnih proizvoda u ishrani.

6. LITERATURA

AAS (2011) – Fins.lab. 5.4.3 –M -004/13.

Aishat A.B., Adebayo A.I., Busie M.D., Robert A. (2007): Effect of Tuber Harvest Time and Storage Period on the Pasting Properties of Yam (*Dioscorea rotundata*) Starch. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(6), 781-787.

Altan A., McCarthy K.L., Maskan M. (2008): Evaluation of snack foods from barley tomato pomace blends by extrusion processing. *Journal of Food Engineering*, 84, 231-242.

Alzamora S., Salvatori D., Tapia M., López-Malo A., Welti-Chanes J., Fito P. (2005): Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with bioactive compounds, *Journal of Food Engineering*, 67, 1-2, 205-214

American oil chemist's society (1987): Official and tentative methods, American Oil Chemists Society, Nitrogen Solubility Index (NSI), Champaign, Illinois, Ba 11-65.

Anton A.A., Fulcher G.R., 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, 989–996.

Arsenović M., Pezo L., Radojević Z., Stanković, S. (2013): Serbian heavy clays behavior: application in rough ceramics, *Hemijska industrija*, 67(5), 811-822.

Babić M., Babić Lj. (1998): Fizički mehanizam ekspanzije poljoprivrednih proizvoda. *PTEP Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 2, 19-21.

Bekrić V., Božović I., Radaković N. (1996): Novi tehnološki procesi u preradi žita, leguminoza i uljanog semena za proizvodnju krmnih smeša, VI simpozijum tehnologije stočne hrane, Zbornik radova, 27-34, Budva.

- Benzie I.F.F., Strain J.J. (1999):** *Ferric reducing antioxidant power assay, direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration* 299. *Methods Enzymol*, Ulster University, Aontroim, Northern Ireland, United Kingdom, p. 15.
- Berrios J., De J., Morales P., Cámara M., Sánchez-Mata M.C. (2010):** Carbohydrate composition of raw and extruded pulse flours. *Food Research International*, 43(2), 531-536.
- Bhandari B., D'Arcy B., Young G. (2001):** Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 453–461.
- Bhatnagar S., Hanna M.A. (1994):** Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn tarches. *Cereal Chemistry*, 71, 582-587.
- Box G.E.P., Draper N.R. (1987):** Empirical model building and response surface. New York, John Wiley and sons.
- Bryngelsson S., Dimberg L.H., Kamal-Eldin A. (2002):** Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50, 1890-1896.
- Camire M. E., Camire A. L., Krumhar K. (1990):** Chemical and nutritional changes, Critical reviews in food science and nutrition, 29, pp. 35-57.
- Camire M.E. (2000):** Chemical and nutritional changes in food during extrusion, In: Riaz, M. N. (ed), *Extruders in Food Applications*, Boca Raton, FL, CRC Press, 127-147.
- Cross D., Frost S. (2009):** <http://www.nutraingredients.com/On-your-radar/Health-claims/F-S-The-danger-of-overstepping-health-claim-boundaries>, defence.
- De Boer J., Hoogland C., Boersema J. (2007):** Towards more sustainable food choices: Value priorities and motivational orientations. *Food Quality and Preference*, 18(7), 985-996.
- Del Pozo-Insfran D., Brenes C.H., Serna Saldivar S.O., Talcott, S.T. (2006):** Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays* L.) products. *Food Research International*, 39, 696-703.

- Devcich D., Pedersen I., Keith J. (2007):** You eat what you are: Modern health worries and the acceptance of natural and synthetic additives in functional foods. *Appetite*, 48(3), 333-337.
- Drusch S., Mannino S. (2009):** Patent-based review on industrial approaches for the microencapsulation of oils rich in polyunsaturated fatty acids. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 237-244.
- Đukić M. (2008):** *Oksidativni stres: slobodni radikali, prooksidansi, antioksidansi*. Mono i Manjana, Beograd, Srbija.
- Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. (2011):** Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*, 124, 411–421.
- FAO/WHO/UNU (2002):** Protein and amino acid requirements in human nutrition, *Report of a joint expert consultation*, Geneva, Switzerland.
- Filipović J. (2010):** *Prehrambena vlakna u hlebu snižene energije*, Zadužbina Adrejević, Beograd.
- Filipović J., Pezo L., Filipović V., Brkljača J., Krulj J. (2015):** The effects of ω -3 fatty acids and inulin addition to spelt pasta quality. *LWT-Food Science and Technology Journal*, 63, 43-51.
- Filipović S., Kormanjoš Š., Sakač M., Filipović J., Psodorov Đ., Okanović Đ. (2010):** Effect of extrusion on nutritive value of animal feed, FP7 REGPOT-3, Novi Sad 19-21th October, 97-116.
- Filipović S., Sakač M. (2013a):** *Ekstrudiranje u proizvodnji hrane za životinje*, Filipović S. i Psodorov Đ.: Poglavlje 1, *Ekstrudiranje - Opšte karakteristike*, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 15-48.
- Filipović S., Sakač M. (2013b):** *Ekstrudiranje u proizvodnji hrane za životinje*, Filipović J.: Poglavlje 5, *Tehnološki postupci ekstrudiranja kukuruza i sirka*, Naučni institut za prehrambene tehnologije u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 153-157.

- Filipović S., Sakač M., Kormanjoš Š., Ristić M. (2003):** Proizvodnja oplemenjenog i ekstrudiranog oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna. *PTEP Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 7, 3-7.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (1991):** Protein quality evaluation in human diets, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Rome, *FAO Food and Nutrition Paper*, No.51.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, (2012):** The State of Food Insecurity in the World 2012.
- Galanakis C.M. (2012):** Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, 26(2), 68–87.
- Gawlik-Dziki U., Świeca M., Dziki D. (2012):** Comparison of phenolic acids profile and antioxidant potential of six varieties of spelt (*Triticum spelta* L). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60 (18), 4603–4612.
- Gawlik-Dziki U., Świeca M., Dziki D., Baraniak B., Tomiło J., Czy J. (2013):** Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (*Allium cepa*L.) skin. *Food Chemistry*, 138, 1621–1628.
- Guy, R. (2001):** *Extrusion Cooking: Technologies and Application*, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. 3–5.
- Guzman-Tello R., Cheflet J. (1990):** Colour loss during extrusion cooking of beta carotene-wheat flour mixes as an indicator of the intensity of thermal and oxidative processing. *International Journal of Science and Technology*, 25, 420-434.
- Hagerman A., Harvey-Mueller I., Makkar H.P.S. (2000):** Quantification of tannins in the foliage-a laboratory manual. *FAO/IAEA*, Vienna, 4-7.
- Harper J. M. (1989):** *Food extruders and their applications*, Chapter 1. In “*Extrusion cooking*” ed. by Mercier, C, Linko, P. And Harper, J.M. American Association of Cereal Chemists, inc, St. Paul, USA.
- He J.A., Giusti M.M. (2010):** Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 163–186.

- Honkanen P., Frewer L. (2009):** Russian consumers, motives for food choice. *Appetite*, 52(2), 363-371.
- Ilo S., Berghofer E. (1999):** Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits. *Journal of Food Engineering*, 39, 73-80.
- Imlay J. (2003):** Pathways of oxidative damage. *Annual Review of Microbiology*, 57, 395-418.
- Jayalakshmi T., Santhakumaran A. (2011):** Statistical Normalization and Back Propagation for classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 3, 1793-8201
- Jong L. (2016):** Particle size and particle–particle interactions on tensile properties and reinforcement of corn flour particles in natural rubber. *European Polymer Journal*, 74, 136-147.
- Jozinović A., Šubarić D., Ačkar D., Babić-Miličević J.B. (2015):** Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits. *Journal of Food Engineering*, 172, 31-37.
- Kaluđerski G., Filipović N. (1998):** *Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda*, Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju žita i brašna, Novi Sad.
- Karlović Đ., Andrić N. (1996):** *Kontrola kvaliteta semena uljarica*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Savezno ministarstvo za nauku tehnologiju i razvoj, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd,
- Kedage V.V., Tilak J.C., Dixit G.B., Devasagayam T.P.A., Mhatre M. (2007):** A study of antioxidant properties of some varieties of grapes (*Vitis vinifera* L.). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 175-185.
- Kilcast D. (2004):** *Texture in Food*, Woodhead Publishing in Food Science and Technology, Part I Consumers, texture and food quality, 1-28.
- Košutić M. (2012),** Ispitivanje i analiza odabranih parametara bezbednosti i kvaliteta proizvoda na bazi žitarica koji su obogaćeni funkcionalnim komponentama, magistarski rad.

- Kozarski S.M. (2012):** Hemijska karakterizacija, antioksidativna i antimikrobna svojstva polisaharidnih ekstrakata odabranih vrsta gljiva, doktorska disertacija, Hemijski fakultet,
- Krystallis A., Maglaras G., Mamalis S. (2008):** Motivations and cognitive structures of consumers in their purchasing of functional foods. *Food Quality and Preference*, 19(6), 525-538.
- Kukić P. (1999):** Primena ekstrudera u poljoprivredi. *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 3, 47-51.
- Laufenberg G., Kunz B., Nystroem M. (2003):** Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology*, 87, 167–198.
- Lazou A., Krokida M. (2010):** Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 100, 392–408.
- 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.
- Maillard M.N., Soum M.H., Boivin P., Berset C. (1996):** Antioxidant activity of barley and malt, relationship with phenolic content. *LWT-Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 29, 238-244.
- Masatcioglu M.T., Yalcin E., Hwan P.J., Ryu G., Celik S., Koksel H. (2014):** Hull-less barley flour supplemented corn extrudates produced by conventional extrusion and CO₂ injection process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 302-309.
- McManus A., Merga M., Newtona M. (2011):** *ω-3fatty acids. What consumers need to know*, Centre of Excellence for Science, Srafood & Health, Curtin University, 7 Parker Place, Technology Park, WA 6102, Australia.
- Meuser F., Wiedmann W. (1989):** *Extruder plant design*, Chapter 5. In: *Extrusion cooking* (ed. C. Mercier, P. Linko, J.M. Harper J.M.), American association of cereal chemists, Inc, St. Paul, USA, 91-155.

- Miletić I., Šobajić S., Đorđević B. (2008):** Funkcionalna hrana - uloga u unapređenju zdravlja. *Journal of Medical Biochemistry*, 27(3), 367-370.
- Mirabella N., Castellani V., Sala S. (2014):** Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28-41.
- 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, 120-138.
- Mościcki L., Zuilichem D.J. (2011):** Extrusion-Cooking and Related Technique. In: *Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability* (ed L. Moscicki), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. doi: 10.1002/9783527634088.ch1.
- Nascimento E.M, Do D.G.C, Carvalho C.W.P., Takeiti D., Freitas D.D.G.C, Ascheri J.L.R. (2012):** Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Food Research International.*, 45, 434–443.
- Niki E., Shimsk H., Mino M. (1994):** Antioxidantism, free radicals and biological defence. *Biochemical Journal*, 134-139.
- Niva M. (2007):** All foods affect health': understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finish. *Appetite*, 48, 384–393.
- Novaković, B., Miroslavljev M. (2002):** Higijena ishrane, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Nwabueze T.U. (2007):** Effect of process variables on trypsin inhibitor activity (TIA), phytic acid and tannin content of extruded African breadfruit-corn-soy mixtures: a response surface analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 21-29.
- Obradović V. (2014):** Utjecaj temperature i dodataka na fizikalna, kemijska i senzorska svojstva kukuruznih ekstrudata, Doktorski rad, Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek.
- Ondo S.E., Singkhornart S., Ryu G.H. (2013):** Effects of die temperature, alkalized cocoa powder content and CO₂ gas injection on physical properties of extruded cornmeal. *Journal of Food Engineering*, 117, 173–182.

- Paradiso V.M., Summo C., Pasqualone A., Caponio F. (2015):** Evaluation of different natural antioxidants as affecting volatile lipid oxidation products related to off-flavours in corn flakes. *Food Chemistry*, 180, 64.
- Pizzale L., Bortolomeazzi R., Vichi S., Uberegger E., Conte L. (2002):** Antioxidant activity of sage [*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*] and oregano [*Origanum onites* and *Origanum onites*] extracts related to their phenolic compound content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1645–51.
- Prakash A. (2001):** Antioxidant activity. Medallion Laboratories. *Analytical Progress*, 19(2), 1-6.
- Pravilnik o metodama fizickih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (1988):** "Službeni list SFRJ" broj 74/88.
- Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama vršenja hemijskih i fizickih analiza kakao-zrna, kakao proizvoda, proizvoda sličnih čokoladi, bombonskih proizvoda, krem-proizvoda, keksa i proizvoda srodnih keksu (1987):** *Službeni list SFRJ* 41/87.
- Purlis E. (2010):** Browning development in bakery products – a review. *Journal of Food Engineering*, 99, 239-249.
- Qu D., Wang S.S. (1994):** Kinetics of the formation of gelatinized and melted starch at extrusion cooking conditions. *Starch/Starke*, 46, 225-229.
- Reis S. F., Abu-Ghannam N. (2014):** Antioxidant capacity, arabinoxylans content and in vitro glycaemic index of cereal-based snacks incorporated with brewer's spent grain. *Food Science and Technology*, 55(1), 269-277.
- Riaz M.N. (2000):** *Extruders in food applications*, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, Pennsylvania.
- Riaz M.N., Anjum F.M., Kha M.I. (2007):** Latest Trends in Food Processing Using Extrusion Technology, *Pakistan Journal of Food Science* 17(1), 53-138.
- Rinaldi V.E.A., Ng P.K.W., Bennick M.R. (2000):** Effects of extrusion on dietary fibre and isoflavone contents of wheat extrudates enriched with wet okara. *Cereal Chemistry*, 77, 237-240.

- Roman O., Heyd B., Broyart B., Castillo R., Maillard M.N. (2013):** Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52, 49-59.
- Saeleaw M., Schlening G. (2011):** A review: Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic-mechanical destructive techniques. *Journal of Food Engineering*, 105, 387-399.
- Saher M., Arvola A., Lindeman M., Lähteenmäki L. (2004):** Impressions of functional food consumers. *Appetite*, 42(1), 79-89.
- Sakač M., Ristić M., Filipović S. (2003):** Antioksidativni potencijal zrna soje i ekstrudiranje-II. Neliposolubilni antioksidanti zrna soje. *PTEP-Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 7, 23-26.
- Sandhu K.S., Singh N. (2007):** Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chemistry*, 101, 1499–1507.
- Sarawong C., Schoenlechner R., Sekiguchi K., Berghofer E., Perry K.W. Ng. (2014):** Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*, 143, 33-39.
- Sasaki T. (2005):** effect of wheat starch characteristics on the gelatinization, retrogradation and gelation properties. *JARQ*, 39(4), 253–260.
- Shahidi F., Chandrasekara A. (2015):** *The use of antioxidants in the preservation of cereals and low-moisture foods*, Handbook of Antioxidants for Food Preservation, 413-432.
- Singh D., Chauhan G.S., Suresh I., Tyagi S.M. (2000):** Nutritional quality of extruded snacks developed from composite of rice broken and wheat bran. *International Journal of Food Properties*, 3, 421-431.
- Singh R.P., Heldman D.R. (2014):** *Introduction to Food Engineering*, Chapter 14. In: *Extrusion Processes for Foods*, Academic press, USA, (Fifth Edition), 743-766.
- Singh S., Gamlath S., Wakeling L. (2007):** Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 916-929.

- Siró I., Kápolna E., Kápolna B., Lugasi A. (2008):** Functional food Product development, marketing and consumer acceptance. *Appetite*, 51(3), 456-467.
- Smoje I., Ereg D., Sadžakov S. (1996):** Novi aspekti proizvodnje i primene ekstrudiranih hraniva. *Zbornik radova sa VI simpozijuma "Tehnologija proizvoda u službi kvaliteta"*, Tehnološki fakultet, Budva, 69-80.
- Soler-Rivas C., Espin J.C., Wichers H.J. (2000):** An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of foodstuffs. *Phytochemical Analysis*, 11(5), 330-338.
- Sretenović Lj., Aleksić S., Petrović M.P., Mišćević B. (2007):** Prehrambeni faktori koji utiču na poboljšanje kvaliteta mleka i mesa kao i produktivnih i reproduktivnih parametara kod goveda. *Kvalitet*, 17, 20-32.
- 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 ISO 21528-2 (2009):** Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Enterobacteriaceae*.
- Stoyanov, K., Walsmley, A.D (2006):** Response – Surface Modeling and Experimental Design, In: *Practical Guide to Chemometrics*, 264, Taylor & Francis Group, London.
- Sumithra B., Bhattacharya S. (2008):** Toasting of corn flakes: Product characteristics as a function of processing conditions. *Journal of Food Engineering*, 88, 419–428.
- Sweedman M.C., Tizzotti M.J., Schäfer C., Gilbert R.G. (2013):** Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, 92(1), 905-920.
- Thomas, D.J., Atwell, W.A. (1999):** *Starches*. Eagen Press, St. Paul , MN, USA.
- Todorov S.D., Holzapfel W.H. (2015):** Traditional cereal fermented foods as sources of functional microorganisms, *Advances in Fermented Foods and Beverages*, Woodhead publishing, UK, 123-153.
- Urala N., Lähteenmäki L. (2004):** Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 793-803.

- Uredba o obeležavanju i označavanju upakovanih namirnica (2004):** *Službeni glasnik Republike Srbije* br. 4/2004, 2/2004 and 48/2004), p. 16.
- Van Popel G., Verhoeven D.T., Verhagen H., Goldbohm R.,A. (1999):** Brassica vegetables and cancer prevention. Epidemiology and mechanisms. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 472, 159-168.
- Verbeke W. (2006):** Consumer willingness to compromise on taste for health? *Food Quality and Preference*, 17(1-2), 126-131.
- Vidal L., Barreiro C., Gómez B.G. Giménez A. (2013):** Influence of information on consumers' evaluations using Check-All-That-Apply questions and sorting: a case study with milk desserts. *Journal of Sensory Studies*, 28(2), 125–137.
- Viscidi K.A., Dougherty M.P., Briggs J., Camire M.E. (2004):** Complex phenolic compounds reduce lipid oxidation in extruded oat cereal. *LWT - Food Science and Technology*, 37, 789-796.
- Von Bergman K., Sudhop T., Lütjohann D. (2005):** Cholesterol and plant sterol absorption: recent insights. *American Journal of Cardiology*, 96, 10-14.
- World Health Organization, WHO (2003):** Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Disease, Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation, *WHO Technical Report Series*, No. 894, Geneva.
- www.china-fuer.com/en/proshow.asp?id=72)
- www.sensorysociety.org/knowledge/sspwiki/Pages/The%20point%20Hedonic%20Scale.aspx
- www.supa.pharmacy.bg.ac.rs/courses/52/posts/4428
- www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/ekstrudiranje-u-prehrambenoj-industriji
- Yanniotis' S., Petraki A., Soumpasi E. (2007):** Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch, *Journal of Food Engineering*, 80(2), 594–599.
- Zheng W., Wang S.Y. (2001):** Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 65–70.