

IZVJEŠĆE

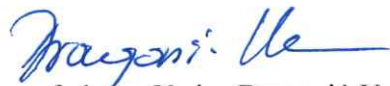
**Ispitivanje novih proteinskih pločica s različitim
matriksima i okusima, “Inovacijski vaučeri za MSP-ove” Referentni broj
PK.1.1.06.0063.**

Naručitelj istraživanja: HP Energy d.o.o., Ilica 171, 10000 Zagreb

Izvršitelj: Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet,
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo,
Laboratorij za kemiju i tehnologiju voća, povrća i začinskog bilja

Suradnici: izv. prof. dr. sc. Ivona Elez Garofulić
izv. prof. dr. sc. Maja Repajić
dr. sc. Ena Cegledi
Ana Martić, mag. nutr.
Sanja Lončarić, mag. ing.

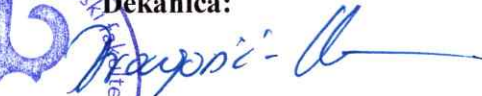
Voditeljica istraživanja:



prof. dr. sc. Verica Dragović-Uzelac



Dekanica:


prof. dr. sc. Verica Dragović-Uzelac

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. MATERIJALI I METODE	2
3. PROVEDBA ISTRAŽIVANJA I REZULTATI.....	4
3.1. Analiza i definiranje matriksa u koji će se dodavati različiti udjeli proteina.....	4
3.2. Proizvodnja proteinskih pločica s različitim udjelima proteina baziranim na matriksu A i B	10
4. ZAKLJUČAK	18
5. LITERATURA	19

1. UVOD

U suvremenom, ubrzanom načinu života funkcionalni prehrambeni proizvodi dobivaju sve više na važnosti zahvaljujući svojstvu da doprinesu očuvanju zdravlja, osiguraju potrebnu energiju te omogućе jednostavnu konzumaciju "u pokretu". Među njima se ističu energetske i proteinske pločice koje kombiniraju visoku nutritivnu vrijednost i praktičnost u kompaktnom formatu. Zbog navedenog, predstavljaju idealan izbor za sportaše, zaposlene osobe, studente i sve one koji traže brz, ali uravnotežen obrok ili međuobrok (Ananthan i sur., 2021).

Unatoč popularnosti, mnoge pločice koje se nalaze na tržištu sadrže visok udio dodanih šećera, umjetnih aroma i zasićenih masti, što ih čini manje prihvatljivima u kontekstu zdrave prehrane. Istovremeno, tržište bilježi sve veću potražnju za proizvodima temeljenima na prirodnim, minimalno obrađenim sastojcima bez industrijskih aditiva.

Cilj ovog istraživanja bio je razviti recepturu za nutritivno uravnoteženu proteinsku pločicu koja može služiti kao funkcionalni dodatak prehrani. Poseban naglasak stavljen je na upotrebu prirodnih sastojaka koji osiguravaju optimalan omjer makro- i mikronutrijenata: ugljikohidrata, proteina, masti, prehrambenih vlakana, vitamina i minerala. Uz nutritivnu vrijednost, posebna pažnja posvećena je senzorskoj prihvatljivosti razvijenih pločica s ciljem postizanja poželjne teksture, okusa i arome bez kompromisa u kvaliteti.

Koncept razvoja recepture temeljio se na upotrebi autohtonih voćnih vrsta kao glavnih sastojaka, uključujući suhe smokve, svježe mandarine i suhe lješnjake, kao nutritivno bogatih sirovina, uz dodatak prosenih i zobnih pahuljica te proteina sirutke u svrhu postizanja cjelovitog i uravnoteženog finalnog proizvoda. Izbor sastojaka temeljio se na njihovim znanstveno potvrđenim zdravstvenim koristima te tehnološkim svojstvima koja omogućuju izradu stabilnog, senzorski privlačnog i funkcionalnog proizvoda.

Suhe smokve (*Ficus carica*) poznate su po visokom udjelu prehrambenih vlakana, prirodnih šećera i antioksidansa (Nuri i Uddin, 2021). Njihova ljepljiva tekstura djeluje kao prirodno vezivo, dok slatkoća omogućuje smanjenje ili izostavljanje dodanih zaslađivača. Mandarina (*Citrus reticulata*), bogata vitaminom C, flavonoidima i vlaknima, doprinosi svježini okusa, dok njezini prirodni šećeri osiguravaju brzu nadoknadu energije bez naglih glikemijskih oscilacija (Maciel i sur., 2023). Lješnjaci (*Corylus avellana*) obiluju korisnim mastima, proteinima, vitaminima i mineralima te pridonose teksturi, osjećaju sitosti i bogatstvu okusa (Alasalvar i Shahidi, 2008). Konzumacija prosa (*Panicum miliaceum*), bezglutenske žitarice, omogućuje unos složenih ugljikohidrata, biljnih proteina i vlakana, dok prosene pahuljice doprinose strukturi i stabilnosti proizvoda (Singh i Chauhan, 2023). Zob (*Avena sativa*), kao izvor beta-glukana i biljnih proteina, poboljšava teksturu, vezivna svojstva i nutritivni profil pločice (Alemayehu i sur., 2023). U svrhu dodatnog povećanja funkcionalne vrijednosti, u recepturu su uključeni visokokvalitetni proteini, odnosno izolati proteina sirutke. Sirutkini proteini imaju visoku biološku vrijednost, brzu apsorpciju i sadrže sve esencijalne aminokiseline, uključujući aminokiseline razgranatog lanca (BCAA), što ih čini pogodnima za sportske prehrambene proizvode (Price i sur., 2022). Proteini doprinose osjećaju sitosti, očuvanju i obnovi mišićne mase te stabilnosti proizvoda.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Sirovine

Sirovine korištene za proizvodnju pločica nabavljene su i isporučene od strane Naručitelja.

Sirovine:

- Mandarina
- Suha smokva
- Suhi lješnjak
- Zobene pahuljice, sitni tip
- Prosene pahuljice
- Izolat proteina sirutke
- Čokolada, 50 % kakaa

2.2. Metode

2.2.1. Određivanje suhe tvari

Određivanje suhe tvari svježih i osušenih uzoraka se provodi na analizatoru vlage s halogenim grijanjem MN25 (OHAUS).

Aluminijska plitica se postavi na uređaj i tarira. Uređaj se postavi na automatski način sušenja na 105 °C do konstantne mase. Nakon tariranja na pliticu se ravnomjerno u tankom sloju nanese uzorak. Plitica s uzorkom se vrati na analizator, očita se količina uzorka i pokrene mjerenje. Nakon zvučnog signala za kraj mjerenja očita se rezultat izražen kao % suhe tvari.

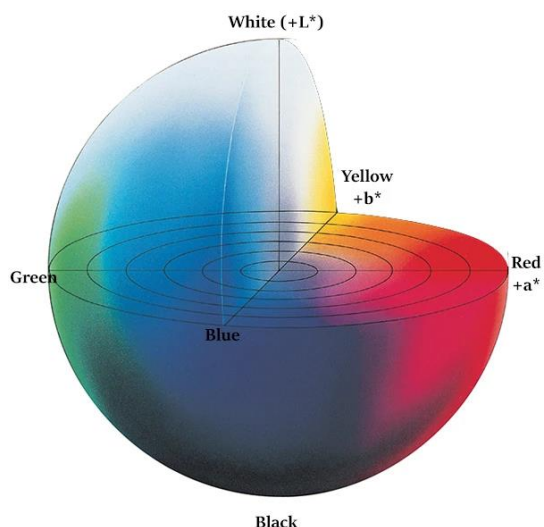
2.2.2. Određivanje pH vrijednosti

Određivanje pH vrijednosti provodi se pH-metrom. Prije mjerenja potrebno je napraviti kalibraciju uređaja pomoću kalibracijskih otopina. Mjerenje se provodi na način da se najprije elektroda ispere destiliranom vodom i osuši staničevinom. Nakon toga, elektroda se uranja u smjesu usitnjenog uzorka i destilirane vode (1:1) te se pokrene mjerenje. Nakon završetka mjerenja, očita se vrijednost pH uzorka na zaslonu uređaja.

2.2.3. Određivanje parametara boje

Princip određivanja:

Mjerenje boje na kolorimetru temelji se na parametrima trodimenzionalnog sustava boja, koji se izražavaju u $L^*a^*b^*$ vrijednostima. CIE Lab sustav (Slika 1) sastoji se upravo od ovih triju koordinata boja. Koordinata L^* predstavlja svjetlinu, a njezina skala proteže se od 0 do 100 gdje 0 označava crnu, a 100 bijelu boju. Koordinata a^* predstavlja crvenu, odnosno zelenu boju, a skala se proteže od -127 do +127, gdje -127 označava čistu zelenu, a +127 čistu crvenu boju. Koordinata b^* predstavlja žutu, odnosno plavu boju, a skala joj se također proteže od -127 do +127, gdje -127 označava čistu plavu, a +127 čistu žutu boju (Stricker i Orengo, 1995). Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerene površine (Konica Minolta, 2007).



Slika 1. CIELab sustav boja (Konica Minolta, 2007)

Postupak mjerenja: Najprije je potrebno napraviti kalibraciju instrumenta crnim valjkom (0 %-tna refleksija). Uzorak se postavi na petrijevu zdjelicu koja se zatvori i pomoću kolorimetra izmjere se L^* , a^* i b^* vrijednosti.

2.2.4. Određivanje teksturalnih svojstava proizvoda

Tekstura na uzorcima pločica određena je pomoću teksturometra (Ametek Lloyd Instruments Ltd., UK) s ćelijom od 50 kg. Uzorci su izrezani na kockice veličine $10 \times 10 \times 10$ mm te komprimirani dva puta do 50 % deformacije brzinom od 1 mm/s (vrijeme razmaka između 2 ciklusa 5 s). Rezultati su obrađeni softverom NexygenPlus, a određeni su sljedeći parametri: tvrdoća (N), adhezivna sila (N), kohezivnost, adhezivnost (N mm), gumenost (N), odgođena elastičnost (mm), žvackljivost (N mm), otpornost (N), lom (N) i vlaknastost (mm).

2.2.5. Senzorsko ocjenjivanje proizvoda

Princip određivanja:

Senzorsko ocjenjivanje uzoraka provedeno je pomoću hedonističke skale. U navedenoj metodi panelisti kvantitativno određuju poželjnost definiranih senzorskih svojstava uzoraka kako bi se na temelju njih donijela odluka o kakvoći proizvoda.

Postupak određivanja:

Uzorci su prije senzorskog ocjenjivanja temperirani na sobnu temperaturu. Ocjenjivanje provodi grupa od 10 panelista, pri čemu se promatraju senzorska svojstva: izgled, boja, miris, okus, tekstura i ukupna prihvatljivost. Ispitivana svojstva ocjenjuju su skalom od 0 (najmanje poželjno) do 10 (najviše poželjno). Ocjenjivači bilježe svoja zapažanja na pojedinačni ocjenjivački listić te se rezultati analize prikazuju grafički u obliku „paukove mreže“ kao srednja vrijednost ocjena svih ocjenjivača.

3. PROVEDBA ISTRAŽIVANJA I REZULTATI

Istraživanje i razvoj recepture je provedeno u dvije faze kako slijedi:

1. FAZA : Analiza i definiranje matriksa u koji će se dodavati različiti udjeli proteina

U ovoj fazi je provedena analiza osnovnih fizikalno-kemijskih svojstava baznog matriksa u koji će se dodavati različiti udjeli proteina. U razmatranje su uzeta dva tipa matriksa: (i) A-baziran na voćnim vrstama smokva (S), mandarina (M) i lješnjak (LJ), (ii) B-matriks baziran na dodatku žitarica u kombinaciju s voćem sastavljen od smokve (S), mandarine (M), lješnjaka (LJ), zobnih (Z) i prosenih pahuljica (P).

Priprema svakog tipa matriksa provedena je prema planu eksperimenta pri čemu su varirani udjeli pojedinih sastojaka kako je prikazano u tablicama 1 i 2 te je proizvedeno i analizirano 9 receptura svakog matriksa.

2. FAZA: Proizvodnja proteinskih pločica s različitim udjelima proteina

Iz prethodne faze će se iz svake kategorije (A i B) izdvojiti po jedna receptura optimalnih svojstava, u koje će se dodavati različiti udjeli proteina. Proteini će se dodavati u rasponu od 20 do 40 % prema planu eksperimenta (tablice 3, 4 i 5). Ispitat će se mogućnosti sušenja navedenih receptura do zadanog udjela suhe tvari u konačnom proizvodu od 85-90 %.

3.1. Analiza i definiranje matriksa u koji će se dodavati različiti udjeli proteina

Dva tipa baznih matriksa (A i B) za razvoj proteinskih pločica proizvedena su prema eksperimentalnom dizajnu s različitim udjelima odabranih sastojaka (tablica 1 i 2).

Tablica 1. Plan eksperimenta s udjelom sastojaka za proizvodnju pločica baziranih na matriksu A

Receptura	Smokva %	Mandarina %	Lješnjak %
1	33	33	33
2	30	40	30
3	40	50	10
4	25	50	25
5	60	20	20
6	50	20	30
7	60	30	10
8	45	20	35
9	40	40	20

Tablica 2. Plan eksperimenta s udjelom sastojaka za proizvodnju pločica baziranih na matriksu B

Receptura	Smokva (%)	Mandarina (%)	Lješnjak (%)	Zobene (%)	Prosene (%)
1	40	40	8	8	4
2	30	40	10	10	10
3	40	30	10	10	10
4	20	50	10	10	10
5	50	40	4	3	3
6	40	50	4	3	3
7	35	35	20	5	5
8	35	30	10	20	5
9	35	30	10	5	20

Priprema pločica:

Svi sastojci prema recepturama postavljenim planom eksperimenta su usitnjeni u električnoj sjeckalici te međusobno izmiješani u zadanim omjerima. Dobivena smjesa je pravilno raspoređena u silikonske kalupe te je sušena u laboratorijskom sušioniku 4 h pri 90 °C. Tako proizvedene pločice su ohlađene na sobnu temperaturu te čuvane na suhom do provođenja analiza.

U svim uzorcima je određen udio suhe tvari, pH vrijednost, parametri boje i teksture te je provedena senzorska analiza.

U tablicama 3 i 4 prikazani su rezultati određivanja suhe tvari i pH vrijednosti u različitim recepturama matriksa A i B.

Tablica 3. Rezultati određivanja suhe tvari i pH vrijednosti pločica baznog matriksa A proizvedenih s različitim udjelima smokve, mandarine i lješnjaka

Receptura	S (%)	M (%)	LJ (%)	Suha tvar (%)	pH
1	40	40	8	87,25±1,14	4,51±0,11
2	30	40	10	81,64±0,87	4,41±0,08
3	40	30	10	74,81±0,63	4,03±0,10
4	20	50	10	88,20±1,34	4,20±0,09
5	50	40	4	85,90±1,07	4,36±0,13
6	40	50	4	85,15±1,06	4,28±0,08
7	35	35	20	82,24±0,98	4,23±0,09
8	35	30	10	85,70±1,17	4,60±0,10
9	35	30	10	78,59±0,75	4,29±0,12

Iz rezultata prikazanih u tablici 3 je vidljivo kako se suha tvar pločica baznog matriksa A kretala od 74,81 do 88,20 % pri čemu se uočava kako su pločice s najvišim udjelom smokve i nižim udjelom mandarine u recepturi bile zahtjevnije za sušenje, odnosno imale su najviši zaostali dio vlage. Vrijednost pH svih receptura bila je u blago kiselom području bez značajne razlike između pojedinačnih receptura.

Tablica 4. Rezultati određivanja suhe tvari i pH vrijednosti pločica baznog matriksa B proizvedenih s različitim udjelima smokve, mandarine, lješnjaka, zobnih i prosenih pahuljica

Receptura	S (%)	M (%)	LJ (%)	Z (%)	P (%)	Suha tvar (%)	pH
1	40	40	8	8	4	83,29±1,24	4,15±0,08
2	30	40	10	10	10	79,48±0,91	4,30±0,07
3	40	30	10	10	10	85,60±1,27	4,38±0,13
4	20	50	10	10	10	81,51±1,14	4,10±0,07
5	50	40	4	3	3	83,71±1,15	4,12±0,08
6	40	50	4	3	3	76,34±0,93	3,96±0,06
7	35	35	20	5	5	81,19±0,97	4,39±0,09
8	35	30	10	20	5	81,75±0,99	4,38±0,10
9	35	30	10	5	20	80,25±1,02	4,36±0,11

Iz rezultata prikazanih u tablici 4 je vidljivo kako se suha tvar pločica baznog matriksa B kretala od 76,34 do 85,60 %, a pH vrijednost od 3,96 do 4,39. Uočeno je kako je dodatak žitarica u sastav matriksa B rezultirao ujednačenijim sadržajem suhe tvari u proizvedenim pločicama, s iznimkom receptura s najvišim udjelom mandarine uz nizak udio žitarica. pH vrijednost je, slično kao u matriksu A, bila ujednačena u području blago kiselog s nešto nižom vrijednosti u slučaju recepture s najvišim udjelom mandarine i najnižim udjelom žitarica.

U tablicama 5 i 6 prikazani su rezultati određivanja parametara boje pločica u različitim recepturama baznog matriksa A i B.

Tablica 5. Rezultati određivanja parametara boje u pločicama baznog matriksa A proizvedenim s različitim udjelima smokve, mandarine i lješnjaka

Receptura	S (%)	M (%)	LJ (%)	L^*	a^*	b^*
1	40	40	8	28,66±1,23	8,05±0,12	11,07±0,10
2	30	40	10	29,57±1,07	9,16±0,17	12,53±0,11
3	40	30	10	26,98±1,08	8,84±0,14	9,52±0,07
4	20	50	10	29,40±1,34	10,21±0,11	15,03±0,13
5	50	40	4	30,87±1,47	9,47±0,17	14,45±0,12
6	40	50	4	27,94±1,04	9,40±0,16	13,85±0,12
7	35	35	20	29,95±1,11	11,21±0,15	15,42±0,17
8	35	30	10	31,52±1,48	11,14±0,11	18,58±0,17
9	35	30	10	29,02±1,06	9,81±0,08	12,75±0,11

Tablica 6. Rezultati određivanja parametara boje u pločicama baznog matriksa B proizvedenim s različitim udjelima smokve, mandarine, lješnjaka, zobnih i prosenih pahuljica

Receptura	S (%)	M (%)	LJ (%)	Z (%)	P (%)	L^*	a^*	b^*
1	40	40	8	8	4	28,43±1,34	8,90±0,10	12,01±0,11
2	30	40	10	10	10	33,20±1,47	9,49±0,09	17,69±0,13
3	40	30	10	10	10	31,68±1,11	11,75±0,11	15,05±0,12
4	20	50	10	10	10	33,89±1,27	11,13±0,10	19,99±0,14
5	50	40	4	3	3	26,47±1,07	8,01±0,06	7,37±0,05
6	40	50	4	3	3	27,17±1,09	7,36±0,06	7,78±0,05
7	35	35	20	5	5	27,66±1,13	8,48±0,09	9,87±0,10
8	35	30	10	20	5	34,34±1,26	10,45±0,09	18,79±0,13
9	35	30	10	5	20	32,20±1,27	11,63±0,12	15,13±0,14

Iz rezultata je vidljivo kako su sve recepture prema vrijednostima parametra L^* bile tamnije boje što je očekivano s obzirom na sastav sirovina, pri čemu je kod pločica matriksa B veći udio žitarica rezultirao svjetlijom bojom. Nadalje, sve recepture su imale pozitivne vrijednosti parametara a^* i b^* što ukazuje na prisutnost crvenih, odnosno žutih tonova.

U tablicama 7 i 8 su prikazani rezultati mjerenja teksture pločica baznog matriksa A i B. Uočava se kako je niži udio lješnjaka u recepturama 5 i 6 matriksa A utjecao na porast tvrdoće pločice pri zagrizu kao i na povećanu gumoznost i žvakljivost pločica. S druge strane, smanjeni udio smokve u recepturi 4 je rezultirao povećanom vlaknastosti pločice. Pločice matriksa B su imale veće vrijednosti tvrdoće, gumoznosti, žvakljivosti i loma, a niže vrijednosti vlaknastosti od pločica matriksa A, što je rezultat dodatka žitarica, odnosno zobnih i prosenih pahuljica u sastav matriksa. Stoga se najviše vrijednosti spomenutih parametara uočavaju upravo u recepturama 8 i 9 koje su sadržavale najveći udio žitarica.

Tablica 7. Rezultati određivanja teksture u pločicama baznog matriksa A proizvedenim s različitim udjelima smokve, mandarine i lješnjaka

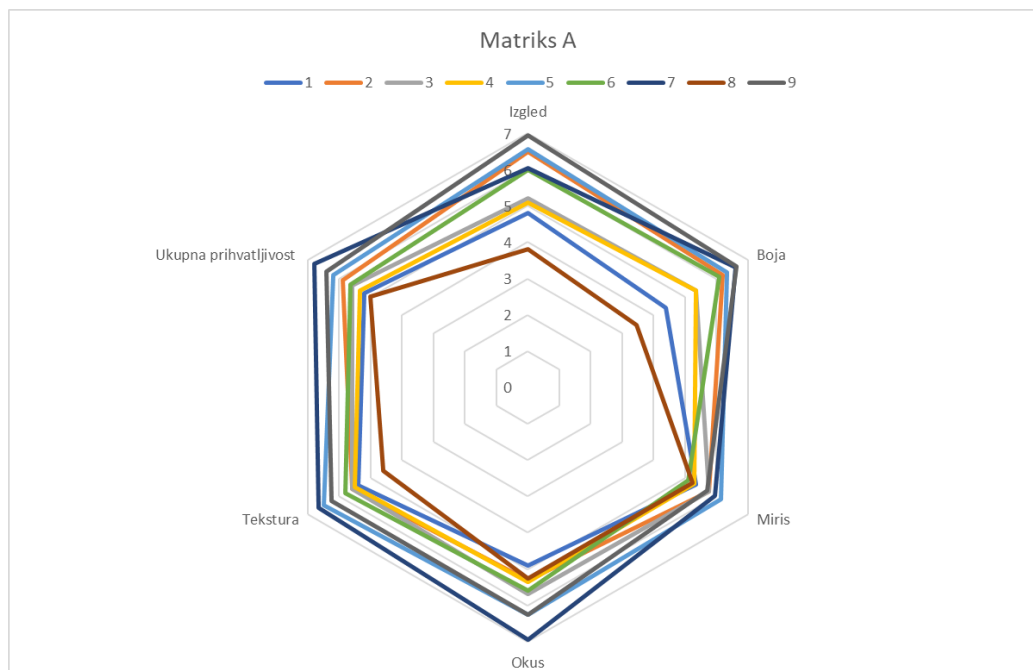
Receptura	Tvrdoća 1.zagriz (N)	Tvrdoća 2. zagriz (N)	Adhezivna sila (N)	Kohezivnost	Adhezivnost (Nmm)	Gumoznost (N)	Odgodena elastičnost (mm)	Žvkljivost (Nmm)	Otpornost (N)	Lom (N)	Vlknastost (mm)
1	8,90	7,23	-0,13	0,34	0,12	3,00	-3,19	5,15	0,20	3,45	0,74
2	6,88	5,89	-0,29	0,38	0,35	2,60	-3,10	4,65	0,24	3,67	4,39
3	7,61	5,84	-0,44	0,41	0,23	3,09	-2,90	6,12	0,28	2,96	7,97
4	5,92	4,72	-0,37	0,32	0,73	1,90	-3,56	2,49	0,19	2,98	9,42
5	15,59	11,98	-0,66	0,38	0,68	5,87	-3,11	10,57	0,22	4,02	5,47
6	14,85	11,49	-0,50	0,39	0,85	5,79	-3,12	10,62	0,26	4,07	7,89
7	5,66	4,47	-0,34	0,39	0,34	2,21	-2,76	4,69	0,27	3,29	4,20
8	8,28	6,14	-0,28	0,33	0,29	2,69	-3,03	5,19	0,22	2,91	6,67
9	7,51	6,09	-0,76	0,35	0,80	2,61	-3,20	4,40	0,24	3,48	2,55

*zbog preglednosti tablice rezultati su prikazani samo kao srednja vrijednost 3 mjerenja

Tablica 8. Rezultati određivanja teksture u pločicama baznog matriksa B proizvedenim s različitim udjelima smokve, mandarine, lješnjaka, zobnih i prosenih pahuljica

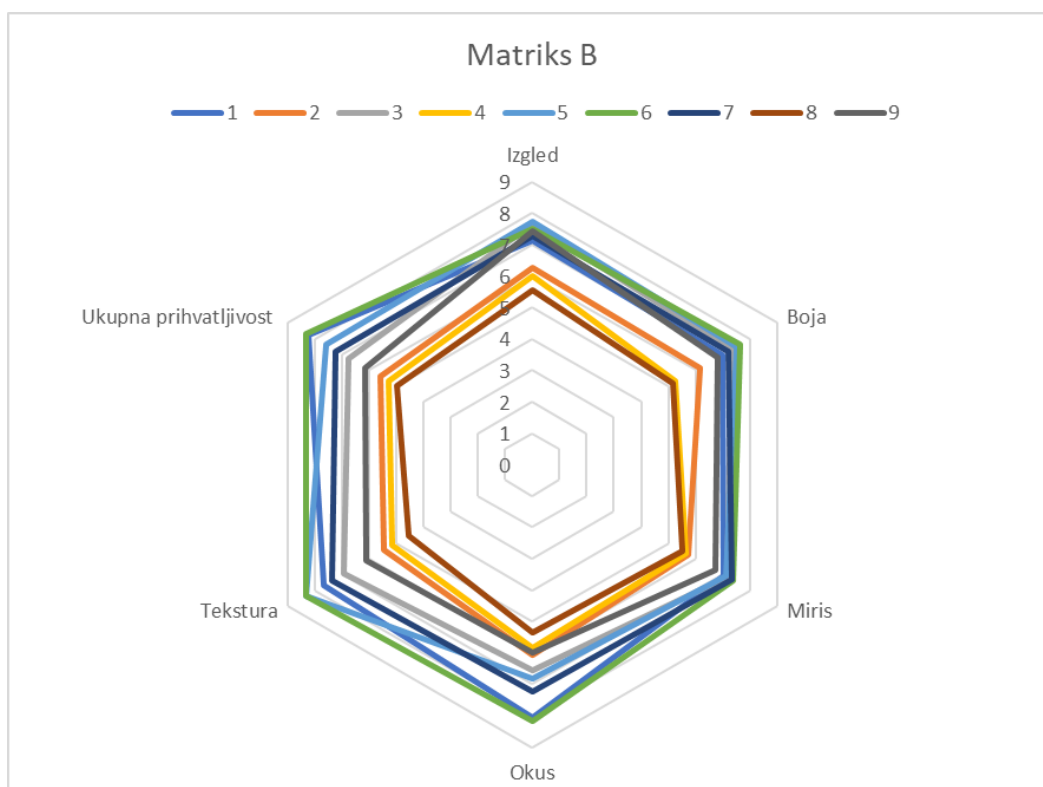
Receptura	Tvrdoća 1.zagriz (N)	Tvrdoća 2. zagriz (N)	Adhezivna sila (N)	Kohezivnost	Adhezivnost (Nmm)	Gumoznost (N)	Odgodena elastičnost (mm)	Žvkljivost (Nmm)	Otpornost (N)	Lom (N)	Vlknastost (mm)
1	13,84	10,68	-0,27	0,40	0,26	5,42	-2,56	12,67	0,31	13,11	4,64
2	15,76	11,98	-0,14	0,36	0,15	5,65	-2,96	11,19	0,24	12,95	7,43
3	19,04	13,57	-0,28	0,38	0,07	7,42	-2,52	17,37	0,25	2,28	4,15
4	18,45	13,44	-0,14	0,35	0,09	6,59	-3,17	11,68	0,21	13,10	6,82
5	12,16	9,79	-0,97	0,36	0,99	4,36	-2,85	9,07	0,26	9,37	5,12
6	12,04	9,32	-0,88	0,39	1,14	4,72	-2,67	10,55	0,28	4,96	6,49
7	12,80	9,87	-0,65	0,39	0,54	4,87	-2,87	9,86	0,25	2,09	6,52
8	29,60	22,08	-0,34	0,44	0,58	12,76	-2,23	32,23	0,35	17,73	3,08
9	23,48	16,83	-0,48	0,34	0,41	8,11	-2,65	18,47	0,22	9,74	1,63

*zbog preglednosti tablice rezultati su prikazani samo kao srednja vrijednost 3 mjerenja



Slika 2. Rezultati senzorskog ocjenjivanja pločica baziranih na matriksu A

Na slici 2 su prikazani rezultati senzorskog ocjenjivanja svojstava izgleda, boje, mirisa, okusa, teksture i opće prihvatljivosti pločica baznog matriksa A kao prosječna ocjena 10 panelista. Iako je receptura 9 ostvarila najvišu prosječnu ocjenu izgleda (7) i boje (6,65), receptura 7 je okarakterizirana kao najpoželjnija po parametrima okusa (7), teksture (6,65) i opće prihvatljivosti (6,8) te je stoga selektirana kao sastav baznog matriksa A za razvoj proteinskih pločica.



Slika 3. Rezultati senzorskog ocjenjivanja pločica baziranih na matriksu B

Na slici 3 su prikazani rezultati senzorskog ocjenjivanja pločica baznog matriksa B. Receptura 6 je ostvarila najviše ocjene za sva promatrana svojstva: izgled 7,5; boja 7,7; miris 7,4; okus 8,2; tekstura 8,3 i opća prihvatljivost 8,3. Međutim, receptura 1 je ostvarila približno iste vrijednosti prosječnih ocjena uz iznimku niže ocjene za teksturu (7,7) s obzirom da su ocjenjivači bili podijeljeni u preferenciji višeg sadržaja voćne komponente u recepturi 6 ili nešto nižeg u recepturi 1. Stoga su za nastavak istraživanja na matriksu B uzete u obzir obje recepture (1 i 6).

3.2. Proizvodnja proteinskih pločica s različitim udjelima proteina baziranim na matriksima A i B

Istraživanje je nastavljeno s odabranim recepturama matriksa A i B ispitivanjem utjecaja dodatka izolata proteina sirutke u prahu na promatrana fizikalno-kemijska i senzorska svojstva pločica.

Matriks A	Receptura 7	S-60 %, M-30 %, LJ-10 %
Matriks B	Receptura 1	S-40 %, M-40 %, LJ-8 %, Z-8 %, P-4 %
	Receptura 6	S-40 %, M-50 %, LJ-4 %, Z-3 %, P-3 %

Priprema pločica:

Svi sastojci prema recepturama postavljenim planom eksperimenta su usitnjeni u električnoj sjeckalici te međusobno izmiješani u zadanim omjerima. Dobivena smjesa je pravilno raspoređena u silikonske kalupe te je sušena u laboratorijskom sušioniku 2 h pri 60 °C. Tako proizvedene pločice su ohlađene na sobnu temperaturu te čuvane na suhom do provođenja analiza.

Tablica 9. Rezultati određivanja suhe tvari i pH vrijednosti proteinskih pločica baziranih na odabranoj recepturi 7 matriksa A s različitim udjelom proteina

Uzorak	Udio proteina (%)	Suha tvar (%)	pH
1	40	80,80±1,64	5,66±0,10
2	35	81,54±1,05	5,52±0,07
3	30	80,95±1,87	5,41±0,09
4	25	80,74±1,20	5,28±0,08
5	20	78,19±1,03	5,10±0,10

Iz rezultata određivanja suhe tvari i pH vrijednosti proteinskih pločica baziranih na odabranoj recepturi 7 matriksa A s različitim udjelom proteina prikazanih u tablici 9 je vidljivo kako je dodatak proteina u matriks A utjecao na veći udio zaostale vlage u pločicama kao i na povišenje pH vrijednosti, što je i očekivano s obzirom na smanjeni udio

voća blago kiselog pH u recepturama s višim sadržajem proteina. Važno je naglasiti kako je tehnološka izvedba receptura sa sadržajem proteina iznad 30 % bila izuzetno zahtjevna u laboratorijskim uvjetima, jer je veća količina proteina sirutke u prahu onemogućila pravilno miješanje smjese prije sušenja. Stoga je preporuka ograničiti maksimalni udio proteina na 30 % u slučaju matriksa bez tekućih sastojaka kao što je slučaj u ovom istraživanju. Iz tog razloga je ispitivanje dodatka proteina u matriks B nastavljeno do maksimalnog udjela od 30 %.

Tablica 10. Rezultati određivanja suhe tvari i pH vrijednosti proteinskih pločica baziranih na recepturama 1 i 6 matriksa B s različitim udjelom proteina

	Uzorak	Udio proteina (%)	Suha tvar (%)	pH
Receptura 1	1	30	82,51±1,65	5,40±0,06
	2	27,5	83,94±1,42	5,30±0,07
	3	25	73,98±1,05	5,45±0,06
	4	22,5	75,53±1,14	5,38±0,08
	5	20	75,88±1,09	5,40±0,08
Receptura 6	1	30	80,93±1,12	5,25±0,10
	2	27,5	79,56±1,24	5,36±0,11
	3	25	79,08±1,09	5,27±0,07
	4	22,5	78,75±1,07	5,24±0,09
	5	20	79,43±1,11	5,18±0,09

Suha tvar pločica s različitim udjelom proteina baziranih na matriksu B bila je niža nego u slučaju odgovarajućih receptura bez proteina, dok je pH vrijednost bila viša kao što je uočeno i u slučaju matriksa A (tablica 10). Dok je pH vrijednost bila ujednačena među svim uzorcima receptura 1 i 6, oni uzorci recepture 1 s najvišim sadržajem proteina imali su višu suhu tvar od onih s udjelom proteina od 25 % i niže, za razliku od recepture 6 gdje utjecaj proteina na sadržaj suhe tvari nije bio značajan.

U tablicama 11 i 12 prikazani su rezultati određivanja parametara boje proteinskih pločica baziranih na odabranim recepturama matriksa A i B.

Tablica 11. Rezultati određivanja parametara boje proteinskih pločica baziranih na odabranoj recepturi 7 matriksa A s različitim udjelom proteina

Uzorak	Udio proteina (%)	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
1	40	46,28±1,67	13,60±0,26	28,41±0,67
2	35	39,26±1,25	14,40±0,31	24,55±0,55
3	30	35,38±1,37	14,38±0,35	22,95±0,53
4	25	37,40±1,44	13,66±0,40	23,38±0,47
5	20	38,89±1,24	13,65±0,24	24,50±0,62

Tablica 12. Rezultati određivanja suhe tvari i pH vrijednosti proteinskih pločica baziranih na recepturama 1 i 6 matriksa B s različitim udjelom proteina

	Uzorak	Udio proteina (%)	L^*	a^*	b^*
Receptura 1	1	30	43,92±1,74	12,47±0,27	27,62±0,60
	2	27,5	50,23±1,56	12,20±0,31	31,34±0,54
	3	25	46,16±1,68	11,81±0,35	29,96±0,52
	4	22,5	41,83±1,52	11,40±0,38	26,09±0,47
	5	20	47,70±1,44	12,13±0,29	30,24±0,48
Receptura 6	1	30	43,03±1,69	13,62±0,41	29,23±0,39
	2	27,5	45,41±1,71	14,81±0,24	29,58±0,44
	3	25	48,27±1,38	14,62±0,22	32,91±0,51
	4	22,5	44,32±1,66	12,93±0,36	27,06±0,78
	5	20	51,54±1,73	12,70±0,27	31,83±0,84

Vidljivo je da je kod oba matriksa, dodatak proteina u recepture rezultirao svjetlijom bojom pločica u odnosu na bazni matriks bez proteina, pri čemu su pločice s većim udjelom proteina bile svjetlije od onih s manjim udjelima. Slično je uočeno i kod parametra boje b^* čije vrijednosti ukazuju na zastupljenost žute boje, koja je bila veća nego kod odgovarajućih receptura bez proteina.

Rezultati određivanja teksture proteinskih pločica baziranih na odabranim recepturama matriksa A i B prikazani su u tablicama 13 i 14.

Tablica 13. Rezultati određivanja teksture proteinskih pločica baziranih na odabranoj recepturi 7 matriksa A s različitim udjelom proteina

Uzorak	Udio proteina (%)	Tvrdoća 1.zagriz (N)	Tvrdoća 2. zagriz (N)	Adhezivna sila (N)	Kohezivnost	Adhezivnost (Nmm)	Gumoznost (N)	Odgodena elastičnost (mm)	Žvackljivost (Nmm)	Otpornost (N)	Lom (N)	Vlaknastost (mm)
1	40	71,25	51,11	-0,02	0,44	0,09	32,36	-2,00	95,73	0,32	28,65	3,24
2	35	35,10	25,86	-0,06	0,41	0,41	14,48	-2,30	37,20	0,28	14,53	6,41
3	30	40,50	30,22	-0,04	0,39	0,14	15,87	-2,47	38,29	0,28	21,20	4,08
4	25	37,88	27,97	-0,05	0,38	0,31	14,23	-2,52	33,75	0,25	14,44	3,73
5	20	22,65	16,62	-0,10	0,37	0,21	8,42	-2,68	18,24	0,26	14,37	4,76

*zbog preglednosti tablice rezultati su prikazani samo kao srednja vrijednost 3 mjerenja

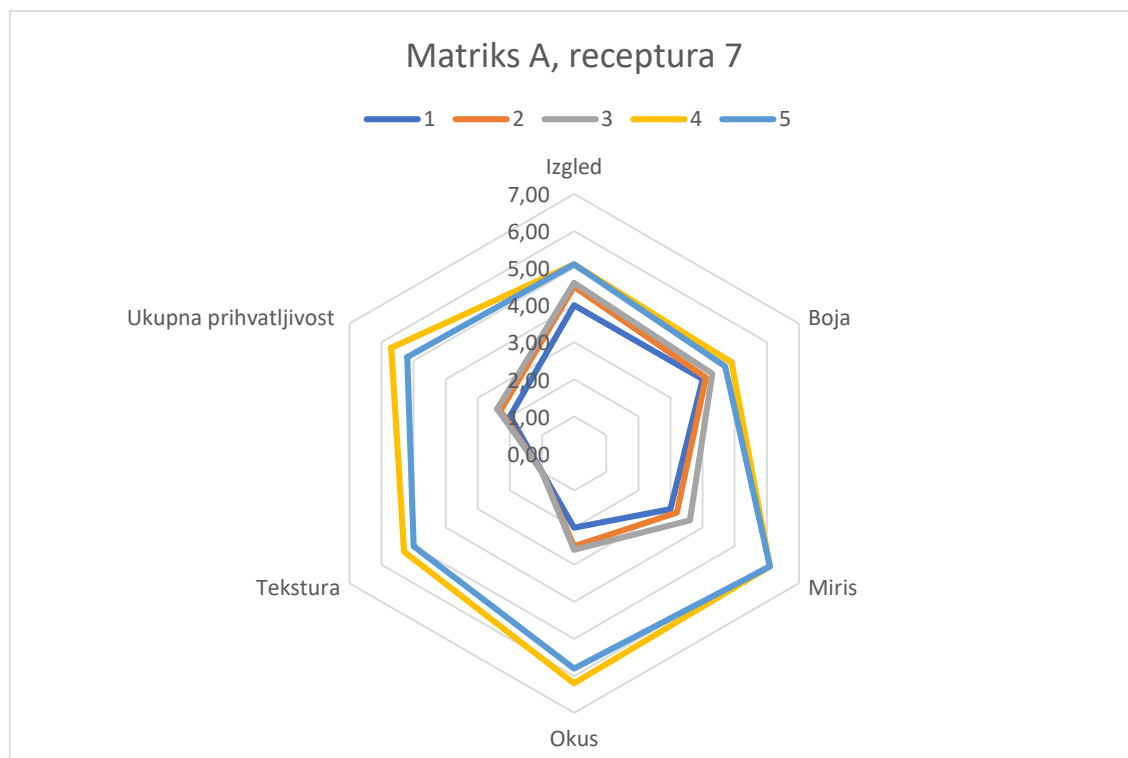
Tablica 14. Rezultati određivanja teksture proteinskih pločica baziranih na odabranim recepturama 1 i 6 matriksa B s različitim udjelom proteina

	Uzorak	Udio proteina (%)	Tvrdoća 1.zagriz (N)	Tvrdoća 2. zagriz (N)	Adhezivna sila (N)	Kohezivnost	Adhezivnost (Nmm)	Gumoznost (N)	Odgodena elastičnost (mm)	Žvackljivost (Nmm)	Otpornost (N)	Lom (N)	Vlaknastost (mm)
Receptura 1	1	30	8,49	6,18	-0,17	0,30	0,66	2,35	-3,46	3,13	0,18	3,63	13,42
	2	27,5	6,58	4,89	-0,09	0,27	0,74	1,77	-3,71	2,06	0,15	2,80	11,01
	3	25	4,30	3,21	-0,10	0,33	0,04	1,43	-3,36	2,20	0,20	2,27	4,01
	4	22,5	5,71	4,28	-0,05	0,30	0,24	1,71	-3,12	2,88	0,22	2,73	9,47
	5	20	10,95	7,92	-0,09	0,34	0,78	3,74	-3,09	6,81	0,20	2,60	10,51
Receptura 6	1	30	17,01	13,04	-0,06	0,41	0,20	6,95	-3,01	13,68	0,27	4,46	5,75
	2	27,5	9,89	7,35	-0,07	0,39	0,07	3,91	-3,15	6,91	0,24	2,41	7,66
	3	25	12,38	8,60	-0,13	0,35	0,03	4,30	-3,02	8,06	0,21	3,09	-2,44
	4	22,5	8,45	6,10	-0,11	0,36	0,31	3,02	-2,78	6,36	0,22	5,09	1,01
	5	20	12,99	9,56	-0,07	0,33	0,28	4,31	-2,87	8,43	0,23	2,39	3,87

*zbog preglednosti tablice rezultati su prikazani samo kao srednja vrijednost 3 mjerenja

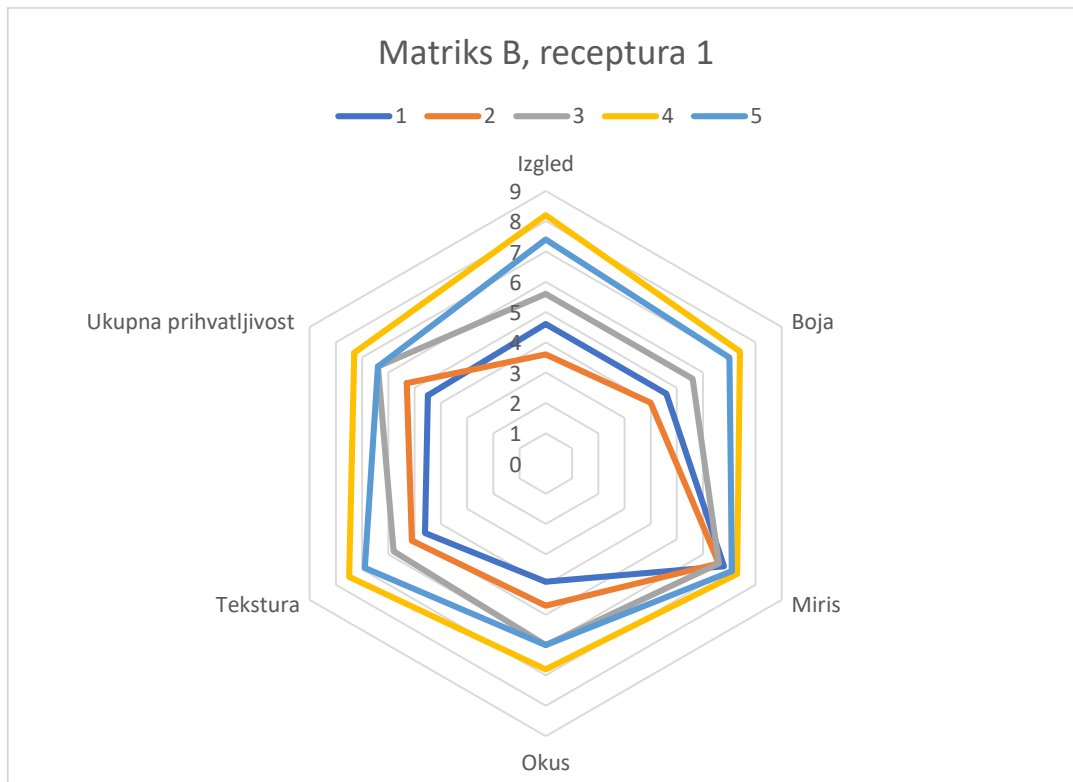
Vidljivo je da je dodatak proteina u udjelima iznad 25 % značajno povećao tvrdoću, žvkljivost i lom pločica na bazi matriksa A, što je uočeno i prilikom same pripreme i tehnoloških problema s homogenizacijom smjese. Kod pločica matriksa B, dodatak proteina u užem rasponu od 20 do 30 % nije imao negativan utjecaj na teksturalna svojstva. Usporedbom receptura 1 i 6 matriksa B, uočava se nešto veća tvrdoća, gumoznost i žvkljivost u recepturi 6, dok je receptura 1 imala veće vrijednosti vlaknastosti što se može povezati s većim udjelom voćne komponente u recepturi 6, odnosno s većim udjelom žitarica u recepturi 1.

Rezultati senzorskog ocjenjivanja pločica s različitim udjelima proteina baziranim na matriksima A i B prikazani su na slikama 4-6.

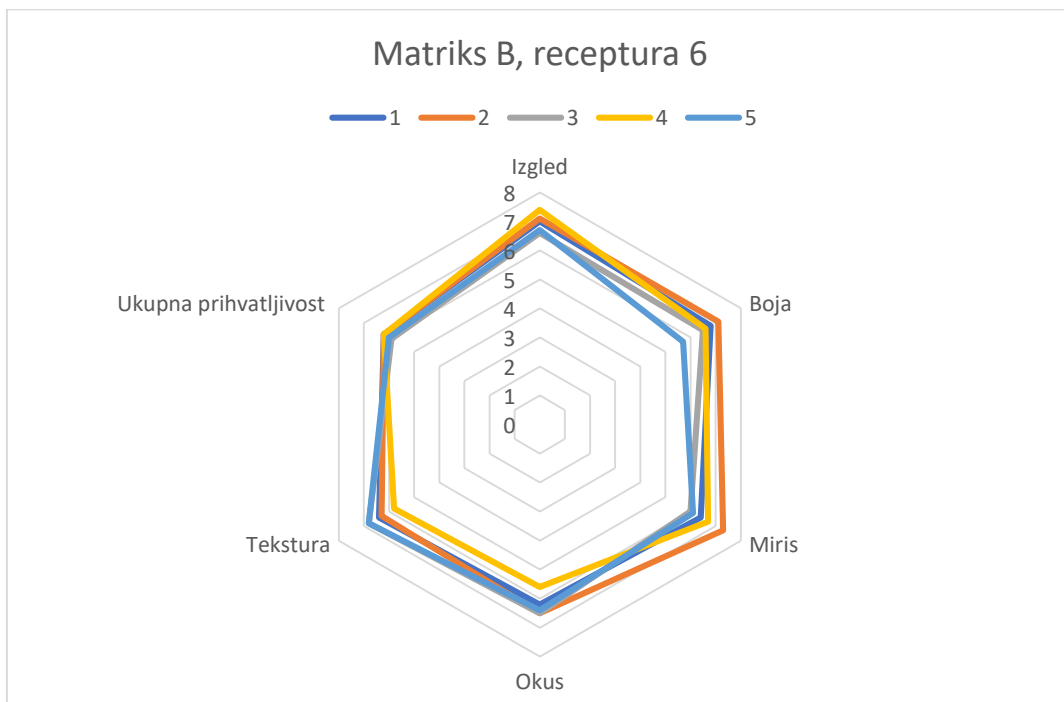


Slika 4. Rezultati senzorske analize proteinskih pločica baziranih na recepturi 7 matriksa A

Iz rezultata prikazanih na slici 4, vidljivo je kako su pločice matriksa A s udjelima proteina 30, 35 i 40 % ocijenjene kao nisko poželjne od strane ocjenjivača, posebno u pogledu okusa, teksture i ukupne prihvatljivosti. S druge strane, ocjenjivači su kao najpoželjniju ocijenili recepturu 4 s udjelom proteina 25 %.



Slika 5. Rezultati senzorske analize proteinskih pločica baziranih na recepturi 1 matriksa B



Slika 6. Rezultati senzorske analize proteinskih pločica baziranih na recepturi 6 matriksa B

Kod matriksa B, unutar recepture 1 senzorski je najprihvatljivijom ocijenjena pločica s 22,5 % koja je postigla najviše ocjene u svim promatranim svojstvima od strane svih ocjenjivača (slika 5), dok su unutar recepture 6 uzorci pločica 1, 2 i 4 bili podjednako ocijenjeni u segmentu opće prihvatljivosti, no s obzirom na više prosječne ocjene za boju, miris i okus, pločica 4 s 27,5 % proteina je izuzeta kao najbolje ocijenjena formulacija (slika 6).

Na slici 7 su prikazane fotografije selektiranih receptura pločica matriksa A i B s i bez dodatka proteina.



Slika 7. Selektirane recepture pločica matriksa A i B s i bez dodatka proteina (s lijeva na desno: receptura 7 bazni matriks A, receptura 1 bazni matriks B, receptura 6 bazni matriks B, receptura 7 bazni matriks A s 25 % proteina, receptura 1 bazni matriks B s 22,5 % proteina, receptura 6 bazni matriks B s 27,5 % proteina)

U završnoj fazi istraživanja za potrebe prezentacije selektiranih receptura s optimiranim udjelom proteina, iste su prezentirane i u izvedbi s čokoladnim preljevom na bazi čokolade s min. 50 % kakaovih dijelova (slika 8).



Slika 8. Selektirane recepture proteinskih pločica s čokoladnim preljevom

4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih analiza i ispitivanja različitih kombinacija sastojaka, razvijene su tri recepture proteinskih pločica na bazi voća, orašastih plodova i žitarica. Kao optimalne formulacije odabrane su sljedeće varijante:

1. receptura: matriks A: 60 % suhih smokava, 30 % svježih mandarina i 10 % suhih lješnjaka kao baza, s 25 % proteina sirutke u gotovom proizvodu u proteinskoj pločici

2. receptura: matriks B u dvije izvedbe:

a) 40 % suhih smokava, 40 % svježih mandarina, 8 % suhih lješnjaka, 8 % zobnih pahuljica i 4 % prosenih pahuljica kao baza, s 22,5 % proteina sirutke u gotovom proizvodu u proteinskoj pločici s i bez čokoladnog preljeva

b) 40 % suhih smokava, 50 % svježih mandarina, 4 % suhih lješnjaka, 3 % zobnih pahuljica i 3 % prosenih pahuljica kao baza, s 27,5 % proteina sirutke u gotovom proizvodu u proteinskoj pločici s i bez čokoladnog preljeva

Sve razvijene recepture ocijenjene su vrlo visokim ocjenama od strane educiranih senzorskih ocjenjivača, s posebnim naglaskom na harmoniju okusa, teksture i prirodnost sastava. Ovi rezultati potvrđuju da formulirane pločice zadovoljavaju kriterije funkcionalnog, nutritivno vrijednog i senzorski prihvatljivog proizvoda.

S obzirom na sve izraženiji interes potrošača za zdrave i praktične prehrambene proizvode, razvijene proteinske pločice imaju značajan tržišni potencijal u segmentu energetskih i funkcionalnih snack-proizvoda.

5. LITERATURA

Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2008). Compositional characteristics and health effects of hazelnut (*Corylus avellana* L.): an overview. *Tree nuts*, 199-228.

Alemayehu, G. F., Forsido, S. F., Tola, Y. B., & Amare, E. (2023). Nutritional and Phytochemical Composition and Associated Health Benefits of Oat (*Avena sativa*) Grains and Oat-Based Fermented Food Products. *The Scientific World Journal*, 2023(1), 2730175.

Ananthan, P., Sharma, G. K., & Semwal, A. D. (2021). Energy bars: A perfect choice of nutrition to all. In *Advances in Processing Technology* (pp. 309-332). CRC Press.

Konica Minolta (2007) Precise color communication: color control from perception to instrumentation. Konica Minolta Sensing, Inc., Japan.

Maciel, C., Meneses, R., Danielski, R., Sousa, S., Komora, N., & Teixeira, P. (2023). Tangerine (*Citrus reticulata*). In *Recent advances in citrus fruits* (pp. 131-218). Cham: Springer International Publishing.

Nuri, Z. N., & Uddin, M. S. (2021). A review on nutritional values and pharmacological importance of *Ficus carica*. *Journal of Current Research in Food Science*, 2(1), 07-11.

Price, D., Jackson, K. G., Lovegrove, J. A., & Givens, D. I. (2022). The effects of whey proteins, their peptides and amino acids on vascular function. *Nutrition Bulletin*, 47(1), 9-26.

Stricker, M. A., Orengo, M. (1995) Similarity of color images. U: Storage and Retrieval for Image and Video Databases III. International Society for Optics and Photonics 2420: 381-392. 5.3.

Singh, S., & Chauhan, A. K. (2023). Proso millet (*Panicum miliaceum*): bioactive composition, pharmacological impact and techno-functional attributes. In *Nutri-Cereals* (pp. 179-191). CRC Press.

Zhao, C., Chen, N., & Ashaolu, T. J. (2022). Whey proteins and peptides in health-promoting functions—A review. *International Dairy Journal*, 126, 105269.