

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**

**TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**NUTRITIVNI PROFIL, ANTIOKSIDACIONI  
POTENCIJAL I SENZORSKI KVALITET  
SPECIJALNIH VRSTA HLEBOVA SA DODATKOM  
MELASE ŠEĆERNE REPE**

**Mentor:**

**Prof. dr Ljubinko Lević**

**Kandidat:**

**mr Bojana Filipčev, dipl. inž.**

**NOVI SAD, 2009. god.**

UNIVERZITET U NOVOM SADU

TEHNOLOŠKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RDB

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumnetacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Doktorska disertacija

VR

Autor: mr Bojana Filipčev

AU

Mentor: dr Ljubinko Lević, red. prof.

MN

Naslov rada: Nutritivni profil, antioksidacioni potencijal i senzorski kvalitet specijalnih vrsta hlebova sa dodatkom melase šećerne repe

NR

Jezik (i pismo) publikacije: Srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda: Srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja: Srbija

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2009

GO

Izdavač: Autorski reprint  
IZ

Mesto i adresa: Novi Sad, Bul. cara Lazara 1  
MA

Fizički opis rada: Broj poglavlja: 7/ broj strana: 99/ broj literaturnih citata: 145/ broj tabela: 17/ broj slika: 19.  
FO

Naučna oblast: Prehrambeno-biotehnološke nauke  
NO

Naučna disciplina: Inženjerstvo ugljeno-hidratne hrane  
ND

Ključne reči: Hleb, melasa, mineralne materije, ishrana, antioksidacioni potencijal, tekstura, kvalitet  
KR

Univerzalna decimalna klasifikacija:  
UDK

Čuva se: Biblioteka Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu  
ČU

Važna napomena:  
VN

Izvod: U radu je ispitivan efekat dodatka čiste melase i voća/povrća (jabuke, šljive, mrkva i crveni kupus), prethodno osmotski dehidriranih u melasi šećerne repe, na kvalitet hleba. Ispitivane su sledeće grupe suplemenata u dve doze:

- čista melasa (5 i 10%, računato na brašno),
- sveži (u obliku komadića osmotski dehidriranog voća/povrća, 10 i 30%, računato na brašno)
- sprášeni (osušeno i samleveno osmotski dehidrirano voće/povrće, 5 i 10%, računato na brašno).

Dobijeni rezultati su pokazali da su ispitivani dodaci uticali na značajno poboljšanje mineralnog sastava hleba. Najznačajni je povećanje u odnosu na kontrolni je zabeleženo u sadržaju kalijuma: za niže doze dodataka, najveće povećanje se kretalo u opsegu 89.1% (hleb sa melasom)-94.1% (hleb sa šljivom u prahu) dok su za više doze dodataka zabeležena sledeća maksimalna povećanja:

157.5% (hleb sa kupusom u prahu) i 167.5% (hleb sa melasom). Hlebovi sa dodacima su takođe imali značajno više sadržaje magnezijuma i kalcijuma u odnosu na kontrolni hleb. Najviši sadržaji Mg i Ca su određeni u hlebovima sa dodatkom više doze kupusa u prahu (58 i 100%, respektivno). Hlebovi sa dodacima su pokazivali značajno viši antioksidacioni potencijal, pri čemu su najviši potencijali zabeleženi u hlebu sa dodatkom šljive u prahu, 62.5-81.6% za 5 i 10% dodatak, respektivno.

Dodaci na bazi melase su uticali na promenu fizičkih, teksturnih i senzorskih svojstava hleba u pravcu smanjenja specifične zapremine, povećanja čvrstoće sredine i potamnjenja boje. Međutim, pri nižim dozama dodataka, ove promene su bile manje izražene. Hlebovi sa dodatkom jabuke i šljive su ocenjeni kao najbolji po ukusu.

IZ

Datum prihvatanja teze od strane NN veća: 30.11.2006.

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

Predsednik: Dr Jasna Mastilović

Član (mentor): Prof. dr Ljubinko Lević

Član: Prof. dr Vera Lazić

Član: Prof. dr Elvira Karlović

KO

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF TECHNOLOGY

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph documentation

DT

Type of record: Textual printed material

TR

Contents code: PhD Thesis

CC

Author: mr Bojana Filipčev

AU

Mentor: dr Ljubinko Lević, full professor

MN

Title: Nutrition profile, antioxidative potential and sensory quality of bread supplemented with sugar beet molasses

TL

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: Serbian/English

LA

Country of publication: Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2009  
PY

Publisher: Author's reprint  
PU

Publication place: Novi Sad, Bul. cara Lazara 1  
PP

Physical description: Chapters: 7/ Pages: 99/ References: 145/ Tables: 17/ Figures: 19  
PD

Scientific field: Food and biotechnology science  
SF

Scientific discipline: Carbohydrate food engineering  
SD

Key words: Bread, molasses, minerals, nutrition, antioxidative potential, texture, quality.  
KW

Universal decimal classification:  
UDC

Holding data: The library of the Faculty of Technology in Novi Sad  
HD

Note:  
N

Abstract: Osmotical dehydration in sugar beet molasses as hypertonic medium was used to treat apples, plums, carrots and red cabbage. Following the treatment, the fruits/vegetables were dried and ground. The study was aimed at determining the quality parameters of bread supplemented with the following ingredients:

- The freshly treated fruits/vegetables (at 10% and 30% level, flour basis),
- The powders derived from them (at 5% and 10% level flour basis),
- Sugar beet molasses (at 5% and 10% level flour basis).

The results showed that these ingredients significantly improved the mineral content of breads. The most marked was the increase in K content: for lower supplementation level, 89.1% (bread with

molasses)-94.1% (bread with plum, powder). For higher supplementation level, the rise in K content was 157.5% (bread with cabbage, powder) and 167, 5% (bread with molasses). Contents of Mg and Ca were also significantly increased as compared to the control. The highest increase in Mg and Ca was obtained by supplementation with cabbage at higher applied dose (around 58% and 100%, respectively). Moreover, the supplemented breads showed significantly higher antioxidant potentials with the highest increase measured in the breads made with plum (62.5-81.6% for 5 and 10% levels, respectively). The molasses-based ingredients influenced the physical, textural and sensory properties of bread by lowering the specific volume, increasing the crumb firmness and changing the color and flavor. However, the lower supplementation levels had relatively mild effect on these properties. The breads made with apples and plums were scored highest for flavor.

AB

Accepted by the Scientific Board on: 30.11.2006.

ASB

Defended:

DE

Thesis Defend Board: President: Dr Jasna Mastilović  
Member (mentor): Prof. dr Ljubinko Lević  
Member: Prof. dr Vera Lazić  
Member: Prof. dr Elvira Karlović

DB

---

---

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Cilj rada .....	2
<b>2. OPŠTI DEO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Prehrambena vrednost hleba i njegov značaj u ishrani .....	3
2.1.1 Nutritivna vrednost hleba .....	4
2.1.2 Mineralni sastav hleba .....	4
2.2 Značaj mineralnih materija u ishrani .....	6
2.2.1 Makroelementi .....	7
2.3 Normativi preporučenih potreba za nutrijentima i energijom u ishrani .....	9
2.4 Antioksidaciona aktivnost u hrani i njen značaj u ishrani .....	15
2.4.1 Reaktivne oksidacione vrste .....	16
2.4.2 Odbrambeni mehanizmi organizma protiv oksidacionog stresa .....	16
2.4.3 Izvori antioksidanasa i njihova uloga u funkcionisanju odbrambenog sistema .....	17
2.4.4 Metodi određivanja antioksidacione aktivnosti .....	18
2.4.5 Antioksidaciona aktivnost žita i proizvoda od žita .....	21
2.5 Melasa .....	24
2.5.1 Sastav melase .....	24
2.5.1.1 Osnovni hemijski sastav melase šećerne repe .....	24
2.5.1.2 Mineralni i vitaminski sastav melase šećerne repe .....	26
2.5.1.3 Nenutritivni sastojci melase šećerne repe .....	27
2.5.2 Primena melase .....	29
2.5.3 Antioksidacioni potencijal melase .....	29
2.6 Osmotska dehidratacija .....	30



---

---

2.6.1	Kinetika prenosa mase tokom osmotske dehidracije.....	31
2.6.2	Faktori koji utiču na proces osmotske dehidracije .....	32
2.6.3	Prednosti i mane postupka osmotske dehidracije .....	35
<b>3.</b>	<b>MATERIJAL I METODI .....</b>	<b>36</b>
3.1	Sirovine .....	36
3.2	Priprema osmotski dehidriranog voća i povrća u melasi šećerne repe.....	36
3.3	Priprema hleba .....	37
3.4	Ocenjivanje hleba .....	37
3.4.1	Instrumentalno određivanje čvrstoće i elastičnosti sredine hleba.....	38
3.4.2	Senzorsko određivanje kvaliteta sredine i kore hleba .....	39
3.4.3	Instrumentalno određivanje boje sredine i kore hleba .....	40
3.5	Hemijske analize.....	40
3.5.1	Analize osnovnog hemijskog sastava.....	40
3.5.2	Analiza mineralnog sastava.....	41
3.6	Određivanje antioksidacionog potencijala hleba .....	41
3.7	Ispitivanje reoloških svojstava testa sa dodatkom melase šećerne repe .....	42
3.8	Statistička analiza .....	44
<b>4.</b>	<b>REZULTAT I DISKUSIJA .....</b>	<b>45</b>
4.1	Osnovni hemijski pokazatelji melase.....	45
4.2	Hemijski sastavi osmotski dehidriranog voća i povrća .....	45
4.3	Uticaj melase i praškastih dodataka na bazi osmotski dehidriranog voća/povrća u melasi na reološka svojstva testa.....	46
4.3.1	Uticaj dodatka melase na farinografske i ekstenzografske pokazatelje pšeničnog hlebnog testa.....	49
4.3.2	Uticaj dodataka na bazi melase na pokazatelje pšeničnog hlebnog testa dobijene pomoću Mixolaba .....	50
4.4	Svojstva hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća.....	53
4.4.1	Hemijski sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća .....	53

---

---

4.4.2	Mineralni sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća .....	56
4.4.3	Antioksidacioni potencijal hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća....	57
4.4.4	Fizička, teksturna i senzorska svojstva hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća.....	59
4.4.5	Boja hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća .....	63
4.5	Svojstva hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća u prahu .....	64
4.5.1	Hemijski sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu .....	64
4.5.2	Mineralni sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu .....	67
4.5.3	Antioksidacioni potencijal hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu.....	68
4.5.4	Fizička, teksturna i senzorska svojstva hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća u prahu.....	69
4.5.5	Boja hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća u prahu .....	73
4.6	Doprinos specijalnih hlebova obogaćenih dodacima na bazi melase dnevno preporučenom unosu mineralnih materija.....	75
<b>5.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>80</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>84</b>
<b>7.</b>	<b>PRILOG .....</b>	<b>96</b>

---

## 1. UVOD

Povećanjem svesti o važnosti pravilne ishrane i zdravog načina života, raste potreba za proizvodima koji imaju poboljšan nutritivni sastav u smislu sadržaja hranljivih materija i bioaktivnih komponenta sa potencijalno preventivnim delovanjem na zdravlje. Savremeni nutritivni programi zasnivaju se na principima uravnotežene ishrane i podržavaju obogaćivanje proizvoda u cilju poboljšanja njihovog nutritivnog profila i fiziološke funkcionalnosti.

Trendovi potražnje ovakvih proizvoda su izraženi i u sektoru pekarske industrije. Hleb i pekarski proizvodi su proizvodi koji se masovno konzumiraju i koje potrošači odavno prihvataju kao zdrave. Iz tih razloga hleb, na neki način, predstavlja idealnu osnovu i "nosač" za sastojke sa dodatnim prehrambenim vrednostima. Međutim, uključivanje jednog novog sastojka u formulaciju hleba nije mali tehnološki izazov jer može da da proizvod koji izaziva negativnu percepciju kod potrošača kao suviše neuobičajen. U hlebu je veoma teško maskirati nov sastojak jer utiče na promenu strukture i arome.

Danas postoje mnogi specijalni hlebovi u kategoriji funkcionalnih proizvoda koji su obogaćeni kalcijumom, prehrambenim vlaknima, prebiotikom inulinom, oligosaharidima, omega-3 masnim kiselinama,  $\beta$ -glukanima, ekstraktima ženšena i zelenog čaja.

Melasa šećerne repe kao koncentrat biogenih elemenata i niza bioaktivnih jedinjenja može da upotpuni asortiman potencijalno korisnih sastojaka u proizvodnji obogaćenih pekarskih proizvoda. Melasa sadrži oko 50% saharoze. Nešećerni deo melase sadrži mnoge važne nutrijente kao što su mineralne materije, naročito kalijum, kalcijum, magnezijum i natrijum a sadrži i čitav niz drugih bioaktivnih jedinjenja kao što su proteini, betain, glutaminska kiselina, purinske i pirimidinske baze, organske kiseline i melanoidine od kojih neka doprinose i značajnom antioksidacionom potencijalu melase. Važno je istaći da melasa sadrži dosta mineralnih materija od čega kalijuma u znatno većoj količini od ostalih katjona sa udelom oko 75%. S obzirom na nepovoljan mineralni sastav proizvoda od belog brašna, melasa šećerne repe, kao prirodan izvor mineralnih materija predstavlja potencijalno vrednu sirovinu koja bi mogla da se primeni u pekarstvu.

---

Zbog visokog sadržaja suve materije i raznovrsnog hemijskog sastava, melasa šećerne repe može da se iskoristi u procesu osmotske dehidracije voća i povrća kao osmotski medijum. Na taj način se omogućuje da voće i povrće izgubi deo vlage u procesima osmotske difuzije koji se odigravaju između tkiva i osmotskog medijuma a da se istovremeno biljni materijal obogati mineralnim materijama iz melase šećerne repe. Tako dobijeni materijal takođe može da se iskoristi kao sirovina u pekarstvu.

## **1.1 CILJ RADA**

Cilj rada je bio da se ispita efekat dodatka čiste melase i voća/povrća (jabuke, šljive, mrkva i crveni kupus), prethodno osmotski dehidriranih u melasi šećerne repe, na kvalitet hleba. Ispitivane su dve grupe suplemenata u dve doze: sveži (u obliku komadića osmotski dehidriranog voća/povrća, 10 i 30%, računato na brašno) i sprášeni (osušeno i samleveno osmotski dehidrirano voće/povrće, 5 i 10%, računato na brašno). Parametri kvaliteta hleba koji su obuhvaćeni ispitivanjem su: hemijski sastav, sadržaj mineralnih materija, antioksidacioni potencijal, fizička svojstva, teksturna svojstva sredine hleba određeni instrumentalnom metodom, boja kore i sredine i senzorska svojstva (profil arome, finoća pora, ravnomernost pora i kompresibilnost sredine). Zatim je izvršena procena doprinosa specijalnih hlebova obogaćenih na bazi melase šećerne repe unosu dnevno preporučenih doza mineralnih materija. Takođe je izvršeno ispitivanje uticaja dodatka melase i praškastih dodataka na reološka i termo-mehanička svojstva testa.

---

---

## 2. OPŠTI DEO

### 2.1 PREHRAMBENA VREDNOST HLEBA I NJEGOV ZNAČAJ U ISHRANI

Hleb se u različitim formama proizvodi već više od 4000 godina. Može se smatrati najstarijom i najpopularnijom osnovnom vrstom hrane na celom svetu. Hleb se proizvodi od različitih žita a pšenični hleb predstavlja hranu za više od polovine svetske populacije. Sve do današnjih dana, hleb je jedna od namirnica koja se konzumira svakodnevno što potvrđuje njegov izuzetan značaj u ishrani.

Procenjuje se da se dnevna potrošnja hleba po glavi stanovnika kreće u granicama od 100 do 800 g (Spencer, 1974). Analizirajući podatke o potrošnji hleba i peciva u svetu može se zaključiti da je udeo hleba u ishrani veoma različit u pojedinim zemljama. Razvijene industrijske zemlje sa srazmerno visokim životnim standardom i većim udelom gradskog stanovništva se karakterišu nižom potrošnjom hleba i peciva. U periodu 1999-2003. god. potrošnja hleba je opala za 13.8% (VLAM, 2005), pre svega zbog promena navika u ishrani i povećanja asortimana proizvoda koji mogu da zamene hleb u obrocima kao što su žitarice za doručak, brza hrana i sl. (Prättälä, Helasoja & Mykkänen, 2001; Siega-Riz, Poplin & Carson, 2000). S druge strane, raste popularnost etničkih i specijalnih hlebova, kao što su italijanska ciabatta, indijski chapatti i tandoori naan, grčki gyro hleb, rustičnih hlebova, hlebova od celog zrna žita i hlebova sa dodatkom nehlebni vrsta žita i semena uljarica. Za siromašnije države je karakteristična visoka prosečna potrošnja hleba po glavi stanovnika koja se kreće između 300-400 g na dan. Kod seoskog stanovništva, u zavisnosti od starosti i primanja, dnevna potrošnja hleba dostiže i 800 g. U takvim slučajevima, više od polovine dnevnih potreba za kalorijama se unosi preko hleba. U zemlje sa visokom potrošnjom hleba spadaju Bugarska, Turska i Srbija (Daglioglu & Tuncel, 1999; Vasilieva, 1996; Isserliyska, Karadjov & Angelov 2001; RZS, 2007).

Da bi se sagledao značaj hleba u ishrani, neophodno je poznavati sadržaj hranljivih materija hleba kao i dnevne potrebe čoveka za pojedinim hranljivim materijama.

### 2.1.1 *Nutritivna vrednost hleba*

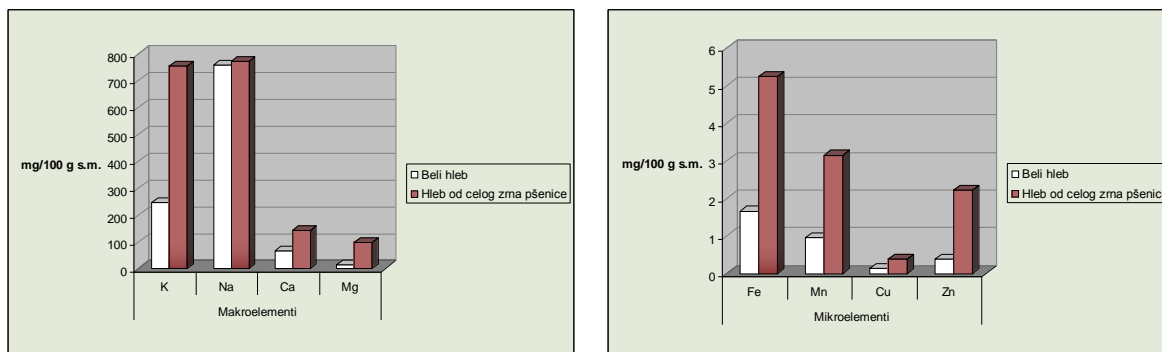
Nutritivna vrednost hleba je specifična za svaku regiju i zavisi od sirovine, primenjene tehnologije i navika potrošača (Vasilieva, 1996). Hleb predstavlja glavni izvor energije, ugljenih hidrata i prehrambenih vlakana u ljudskoj ishrani. Istovremeno, hleb se smatra dobrim izvorom proteina, vitamina grupe B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> i PP) i mineralnih materija kao što su magnezijum, kalcijum i gvožđe (Isserliyska, Karadjov & Angelov 2001).

Nutritivna vrednost prvenstveno zavisi od sadržaja hranljivih materija u brašnu. Količina hranljivih materija u hlebu zavisi od stepena izbrašnjavanja brašna kao i vrste i količine dodatnih sirovina. U procesu proizvodnje belog brašna dolazi do značajnog opadanja hranljive vrednosti zbog izdvajanja onih anatomskih delova zrna (mekinje, klica, aleuronski sloj) koji sadrže mineralne materije, vitamine, vlakna i esencijalne amino i masne kiseline zbog čega su proizvodi od celog zrna pšenice nutritivno bogatiji i uravnoteženiji. Što je manji stepen izmeljavanja to je veći gubitak hranljivih materija. Proizvodi od belog brašna zadovoljavaju energetske potrebe organizma ali su mnogo siromašnije u sadržaju nutritivno vrednih materija. Takođe, poznato je da belančevine pšenice nisu dobro balansirane po odnosu pojedinih esencijalnih aminokiselina jer sadrže deficit lizina, metionina, treonina i valina što dodatno umanjuje prehrambenu vrednost pšeničnog hleba (Auerman, 1988). Zbog ovih nedostataka, hleb se ne može smatrati kompletnom hranom ali ako se konzumira sa drugim dobro odabranim namirnicama, nedostaci se uglavnom mogu kompenzovati.

### 2.1.2 *Mineralni sastav hleba*

Istraživanja su pokazala da se hleb od belog pšeničnog brašna karakteriše malim sadržajem esencijalnih mineralnih elemenata (Al-Kanhal, Al-Mohizea, Al-Othaimeen & Akmai Khan, 1999; Isserliyska, Karadjov & Angelov 2001). Korišćenjem belog brašna u proizvodnji hleba, višestruko se smanjuje sadržaj makro i mikroelemenata u hlebu u odnosu na hleb od integralnog brašna. Na Slici 1, dat je uporedni prikaz sadržaja mineralnih materija u belom i integralnom hlebu.

Hleb od integralnog brašna sadrži oko 6 puta više magnezijuma, oko 3 puta više gvožđa, mangana, bakra i kalijuma i dva puta više kalcijuma.



Slika 1 Mineralni sastav belog i integralnog pšeničnog hleba (preuzeto iz Škrbić & Filipčev, 2008).

U Tabeli 1 prikazani su literaturnih podaci o sadržaju makro i mikroelemenata u različitim vrstama hleba.

Tabela 1 Sadržaj makro- i mikroelemenata u nekim vrstama hleba.

Vrsta hleba	Referenca	K g/kg	P g/kg	Mg g/kg	Ca g/kg	Na g/kg	Zn mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	Co mg/kg
Beli pšenični	Pyler, 1973	1.91	1.83	0.34	11.27	8.58	9.7	27.3	5.9	2.3	0.32	0.022
Integralni pšenični	Auerman, 1988	-	1.84	0.72	0.29	-	-	22.0	-	-	-	-
Polubeli pšenični	Auerman, 1988	-	1.15	0.50	0.14	-	-	21.0	-	-	-	-
Beli pšenični	Auerman, 1988	-	0.87	0.34	0.18	-	-	7.0	-	-	-	-
Razne vrste *	Tahvonen & Kumpulainen, 1994	-	-	0.32-0.79	-	-	9-20	32-41	8-20	-	-	-
Beli pšenični	Isserliyska, Karadjov & Angelov 2001	-	-	0.27	0.23	-	10	10.0	-	-	-	-
Beli pšenični	Bíró & Lindner, 1988	1.17	0.70	0.48	2.00	8.00	3.8	8.0	2.4	1.07	-	0.08
Beli pšenični	Kaić-Rak & Antonić, 1990	1.0	1.0	-	0.1	5.00	-	10.0	-	-	-	-
Graham	Bíró & Lindner, 1988	2.95	1.50	4.00	2.50	6.86	0.94	14.7	10.5	1.77	-	0.09
Graham	Kaić-Rak & Antonić, 1990	2.50	2.00	0.93	0.20	5.25	20	25.0	-	2.7	-	-
Beli pšenični hleb	Dagliogly & Tuncel, 1999	2.05	1.56	0.13	0.19	9.10	7.8	10.5	6.2	2.2	-	-

\* (integralni pšenični, raženi i beli pšenični)

Potrebno je napomenuti da celo zrno pšenice i proizvodi od nje sadrže fitinska jedinjenja, polifenolna jedinjenja, vlakna i fosfor koja smanjuju iskorišćavanje mineralnih materija iz hrane u

---

organizmu čoveka. Prema podacima Charltona i Bothwella (1983) ova jedinjenja su inhibitori apsorpcije organski vezanog gvožđa biljnog porekla i procenjuje se da apsorpcija ovog oblika gvožđa iz hrane bazirane na žitu nije veća od 2-5% (Krishnaswamy, 2003). Dokumentovani su slični uticaji fitinske kiseline na apsorpciju drugih minerala cinka, kalcijuma, bakra, magnezijuma i mangana (Lönnerdal, 2000; Holm, Kristiansen & Pedersen, 2002; Hurell, 2003; Bohn, Davidsson, Walczyk & Hurrel, 2004; Gargari, Mahboob & Razavieh, 2007). Zbog toga se može očekivati manje iskorišćenje mineralnih materija iz proizvoda dobijenih iz brašna većeg stepena ekstrakcije.

## 2.2 ZNAČAJ MINERALNIH MATERIJU U ISHRANI

Pod makroelementima se podrazumevaju one mineralne materije koje su rasprostranjene u većim količinama i čija je koncentracija u namirnicama reda veličine g/kg a u samom ljudskom organizmu veća od 0.005% tel. mase (Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl). Pod mikroelementima se podrazumevaju svi ostali elementi prisutni u biljnom i životinjskom svetu u veoma malim količinama i čija je koncentracija u namirnicama reda veličine mg/kg i manja ili manja od 0.005% tel. mase (Szabó, Regiusné Mócsényi, Győri & Szentmihályi, 1987; Biró & Lindner, 1988). Mikroelementi se dalje dele prema njihovom biološkom značaju na (1):

- Esencijalne (Mn, Zn, Cu, Fe, Mo, B),
- Verovatno esencijalne (Se, I, Cr, F, V, Ni),
- Stimulativne (Ti),
- Toksične i kancerogene (As, Pb, Hg),
- Elemente bez biološke funkcije ili čija funkcija još nije poznata (Ba, Be, Br, Li, Rb, Ag, Sr) (Jović & Stanković, 2004).

U određenim koncentracijama svi elementi, pa i esencijalni su toksični (Szabó, Regiusné Mócsényi, Győri & Szentmihályi, 1987; Jović & Stanković, 2004).

U čovečjem organizmu makroelementi učestvuju u održavanju osmotskog pritiska, kiselo-bazne ravnoteže i permeabilnosti ćelijskih membrana. Svaki makroelementi, pored toga ima i



---

specifične funkcije i nalaze se u sastavu velikog broja biološki važnih sastojaka. Mikroelementi su sastavni delovi enzima tj. koenzima ili su njihovi aktivatori. Zbog svoje katalitičke funkcije često se nazivaju biokatalizatorima.

### 2.2.1 Makroelementi

Značaj makro elemenata je za normalno funkcionisanje ljudskog organizma je veoma velik. Posebno je značajan kalcijum. Joni kalijuma, magnezijuma i kalcijuma se smatraju prirodnim antihipertenzivnim komponentama koje ispoljavaju diuretičko i vazodilatatorno delovanje dok kalijum ima i efekat redukcije senzorne neuron-specifična (SNS) aktivnosti (Houston, 2005).

#### **Kalcijum**

Kalcijum je najzastupljeniji mineral u ljudskom organizmu. Kalcijum omogućuje čvrstoću skeleta i ključna je komponenta u održavanju strukture ćelije. Čvrstoća, viskozitet i propusnost ćelijskih membrana delimično zavise od lokalne koncentracije kalcijuma. Kao kofaktor mnogih enzima (npr. lipaze) i kao komponenta u mehanizmu koagulacije krvi i formiranju intracelularnog signala, kalcijum ima značajnu fiziološku funkciju. Promene u koncentraciji kalcijuma pod uticajem neurotransmitera deluju kao intracelularni signal koji je odgovoran za kontrolu mišićnih kontrakcija, sekrecije, deobe ćelija i sl. (EVM, 2003).

Epidemiološke studije i klinička ispitivanja pokazuju da kalcijum iz hrane ima povoljno delovanje na smanjenje primarne hipertenzije kod žena i dece. Nedovoljno unošenje kalcijuma dovodi do pojave poroznosti i lako lomljivih kostiju, kvarenja zuba, srčanih palpitacija, mišićnih grčeva, insomnije i iritabilnosti.

#### **Magnezijum**

Magnezijum je kofaktor mnogih enzima. Neophodan je u sintezi proteina i u procesima proizvodnje energije. Ima višestruku ulogu u metabolizmu ćelije i procesima deljenja ćelije. Neophodno je njegovo prisustvo u održavanju dovoljne količine nukleotida za sintezu RNK i DNK. Magnezijum reguliše kretanje kalijuma u ćelijama srčanog mišića a deluje i kao blokator kanala

---

kalcijuma. Bitan je elemenat u metabolizmu i delovanju vitamina D a esencijalan je u procesu sinteze i sekrecije hormona paratiroidne žlezde (EVM, 2003). Step en apsorpcije magnezijuma iz intestinalnog trakta je veći kada ga ima manje u hrani. Izvesni sastojci hrane (proteini, kalcijum, D vitamin, alkohol) povećavaju potrebu za magnezijumom (Stanimirović & Stanimirović, 2003). Deficit magnezijuma se ogleda u pojavi poremećaja kardiovaskularnog, centralno nervnog i gastrointestinalnog sistema kao i skeleta.

### **Kalijum**

Kalijum je zajedno sa natrijumom neophodan za održavanje normalnog osmotskog pritiska ćelija. Oko 98% od ukupne količine kalijuma je prisutno u tečnostima izvan ćelija. Kalijum koji se nalazi u tečnostima izvan ćelija utiče na neuromuskulatornu aktivnost a posebno je značajan njegov uticaj na aktivnost srčanog mišića. Kalijum se pojavljuje kao kofaktor mnogih enzima i neophodan je u sintezi insulina u pankreasu, fosforilaciju kreatinina i metabolizmu ugljenih hidrata kao i sintezi proteina.

Nedostatak kalijuma u organizmu je obično posledica određenih bolesnih stanja (postoperativno stanje, iscrpljenost organizma, dijareja, acidoza, povraćanje, jako znojenje). Nedostatak uzrokuje brz i nepravilan ritam srca, slabost mišića, paralizu, mučninu, dijareju i povraćanje. Nedovoljan unos kalijuma takođe može da uzrokuje povišen krvni pritisak.

Veoma je važna ravnoteža između natrijuma i kalijuma. Previsok unos natrijuma iscrpljuje zalihe kalijuma a deficit magnezijuma smanjuje mogućnost zadržavanja kalijuma u organizmu.

### **Natrijum**

Natrijum u sadejstvu sa kalijumom učestvuje u regulisanju ravnoteže u telesnim tečnostima. Održava osmotski pritisak i omogućuje zadržavanje tečnosti u organizmu, održava kiselo-bazno ravnotežu i propustljivost ćelija. Visok unos natrijuma pojačava izlučivanje kalcijuma i povećava rizik stvaranja bubrežnih kamenaca. Takođe je potvrđena veza između povišenog krvnog pritiska i povećanog unosa soli. Povećano izlučivanje natrijuma iz organizma nastalo pod uticajem

---

iznenadnog i jakog znojenja ili povećanog lučenja nadbubrežne žlezde dovodi do mišićnih grčenja ekstremiteta, stomaka, glavobolje, gađenja i dijareje.

### **2.3    NORMATIVI PREPORUČENIH POTREBA ZA NUTRIJENTIMA I ENERGIJOM U ISHRANI**

Danas postoje veoma opsežna saznanja o ulozi hranljivih materija u održavanju zdravlja kao i pojavu određenih bolesti uzrokovanih faktorima ishrane. Poznato je da je ljudskom organizmu potrebno mnogo različitih hranljivih materija da bi održao svoju vitalnu funkciju i bio manje podložan bolestima. Neophodna količina hranljivih materija ili nutrijenata se naziva nutritivna potreba. Podaci o potrebama organizma za hranljivim materijama su informacije od velikog značaja, posebno za lekare nutricioniste koji ih svakodnevno koriste prilikom edukacije pacijenata u vezu planiranja obroka i što adekvatnije modifikacije njihove ishrane. Ovi podaci se danas koriste i za izradu informacija o nutritivnoj vrednosti proizvoda koja se prikazuje na deklaraciji. Cilj deklarisanja informacije o nutritivnoj vrednosti proizvoda je da se potrošaču omogući da odredi i uporedi hranljivi sastav proizvoda i na taj način identifikuje proizvod koji najbolje odgovara njegovom načinu ili režimu ishrane čime se stvaraju uslovi za poboljšanje nutritivnog statusa potrošača.

Preporučene potrebe za hranljivim materijama kao kvantitativne procene unosa hranljivih materija koje se preporučuju za planiranje ishrane kod zdravih ljudi se formulišu u vidu normativa koji sadrže serije procena količina energije i niza nutrijenata koji su potrebni različitim populacionim grupama. Jedan od najpoznatijih normativa preporučenih nutritivnih potreba ustanovilo je i postavilo Nacionalno istraživačko veće Nacionalne akademije nauka SAD (engl. National Research Council of the Food and Nutrition Board of the National Academy of Sciences) još 1941 god., pod nazivom Recommended Dietary Allowances (skr. RDAs) (Anon, 2003). Normativi za RDAs se zasnivaju na količini nutrijenta koje je neophodno unositi u organizam da bi se sprečila pojava nutritivne deficijencije. Prvobitan razlog zbog kojeg su RDA vrednosti bile uspostavljene je upravo bilo sprečavanje nastanka teških oblika nutritivnih deficijencija poput skorbuta (manjak vitamina C), pelagre (nedostatak niacina) i beri-berija (nedostatak vitamina B1).

---

Normativi o preporučenim unosima hranljivih materija se revidiraju u skladu sa novim podacima iz potvrđenih naučnih istraživanja, što otprilike iznosi svakih 5 do 10 godina.

Nakon uspostavljanja ovih normativa, broj naučnih istraživanja koja su proučavala ulogu hranljivih materija u ishrani je dramatično porastao. Nacionalno istraživačko veće SAD je reagovalo promenom pristupa u definisanju referentnih vrednosti kod uspostavljanja novijih normativa. Tako je, 1993 god. započeo proces definisanja novih normativa pod nazivom prehrambeni referentni unosi (engl. Dietary Reference Intakes, skr. DRIs) koji postepeno treba da zamene RDAs normative. Dok su se stari normativi zasnivali samo na prevenciji nutritivne deficijencije, novi DRIs normativi uključuju i one nivoe unosa hranljivih materija koji mogu da pomognu u prevenciji i smanjivanju rizika od pojave brojnih hroničnih bolesti kao što su kardiovaskularna oboljenja, osteoporoza, neki oblici malignih bolesti kao i druga hronična stanja koja su povezana sa neadekvatnom ishranom, u slučajevima gde postoje naučni dokazi.

Umesto jedne kategorije kao što je bio slučaj kod RDAs normativa, DRIs normativi podrazumevaju četiri kategorije preporuka (Barrett, 1997):

1. **Procenjena prosečna potreba ili Estimated Average Requirement (skr. EAR)** koja predstavlja unos koji zadovoljava procenjenu potrebu za datim nutrijentom kod 50% pojedinaca koji pripadaju specifičnoj populacionoj grupi. Ova vrednost se koristi kao osnova za razvoj RDA preporuka i za procenu adekvatnosti unosa posmatranog nutrijenta u populacionim grupama.
2. **Preporučena dnevna potreba ili Recommended Dietary Allowance (skr. RDA)** koja predstavlja unos koji zadovoljava 97-98% potreba skoro svih zdravih pojedinaca određene starosne grupe i pola. Zasniva se na procenjenoj prosečnoj potrebi za posmatranim nutrijentom uvećanoj za veličinu varijacije u određenoj populacionoj grupi. Ukoliko su individualne varijacije unutar grupe dobro poznate, tada se RDA definiše kao EAR uvećan za dve standardne devijacije a ukoliko nema dovoljno podataka uobičajeno je da RDA iznosi 1.2 x EAR.
3. **Adekvatan unos ili Adequate Intake (skr. AI)** predstavlja vrednost koja se postavlja u slučaju kada ne postoji dovoljno naučnih podataka za uspostavljanje RDA vrednosti. AI vrednost se dobija iz eksperimentalnih podataka iz kojih se može proceniti srednja

---

---

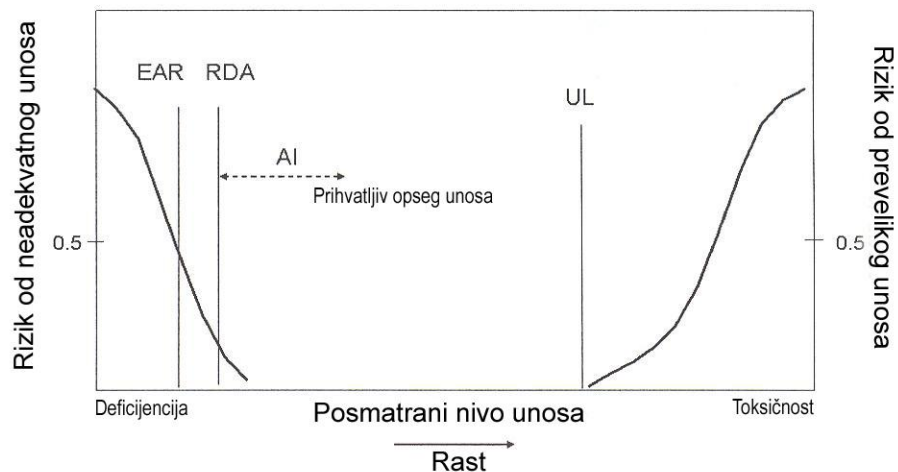
vrednost adekvatnog unosa posmatranog nutrijenta kojim se postiže određeni zdravstveni efekat (npr. zadržavanje Ca u kostima).

4. **Tolerantni gornji nivo unosa ili Tolerable Upper Intake Level (UL)** predstavlja maksimalan unos nutrijenta koji najverovatnije ne predstavlja zdravstveni rizik kod većine tj. (98%), pojedinaca jedne populacione grupe i ima za cilj sprečavanje unosa preterano velikih doza nutrijenata.

DRIs vrednosti su namenjeni opštoj zdravoj populaciji ljudi i ne uzimaju u obzir pojedince sa specifičnim nutritivnim potrebama koje su posledica bolesti, načina života, uticaja sredine, itd. Ovi normativi su različiti za različite starosne i populacione grupe: muškarce, žene, trudnice i decu. Iako se RDA vrednosti definišu kao unosi na dnevnom nivou, važno je napomenuti da nema potrebe svakodnevno unositi preporučene doze određenog nutrijenta jer organizam ima sposobnost da akumulira hranljive materije za kasnije potrebe.

Još uvek postoje brojne nedoumice u vezi primene različitih kategorija preporuka. Na primer, kod uzrade preporuka za ciljne grupe, koriste se EAR vrednosti a ne RDA jer je cilj postići što manje prisustvo neadekvatnih unosa unutar grupe. Kod procene unosa za pojedince, prednost se daje RDA ili AI preporukama. Jedna od dilema je i činjenica da su DRI vrednosti kreirane za pojedinačne nutrijente a primenjuju se u kontekstu celokupne ishrane. Da bi se DRIs preporuke koristile u pojedinačnim slučajevima, potrebno je poznavati verovatnoće neadekvatnog i preteranog unosa a za grupe rasprostranjenost verovatnoća neadekvatnog i preteranog unosa unutar grupe što je teško primenljivo u praksi. Zatim, pošto su DRIs namenjeni zdravim pojedincima postavlja se pitanje kako planirati preporuke za osobe koje nisu zdrave (Taylor, 2008).

Na Slici 2 je ilustrovan međusobni odnos četiri kategorije DRIs preporuka u odnosu na rizik od deficijencije i rizik od prevelikog unosa nutrijenata koji važi za većinu hranljivih materija. Margina između deficijencije i toksičnosti može da bude uzana (npr. kod Se) ili široka kao kod nekih vitamina grupe B. Kod nutrijenata sa uzanom marginom se može desiti da kod procene RDA vrednosti konvencionalnim metodima analize rizika, bude određena vrednost koja je ispod nivoa koji je zapravo neophodan da bi se izbegla deficijencija usled korišćenja faktora nesigurnosti prilikom ekstrapoliranja rezultata dobijenih iz oglada sa životinjama na ljude ili rezultata oglada sa malim obimom subjekata (EVM, 2003).



Slika 2 Međusobni odnos kategorija preporuka po DRIs normativu (preuzeto iz Murphy (2008)).

Lista DRIs nutrijenata uključuje 6 makrominerala (K, Ca, Mg, P, Na, Cl), 9 mikrominerala (Cr, Cu, F, I, Fe, Mn, Mo, Se i Zn), 9 vitamina rastvorljivih u vodi (vitamini grupe B, vitamin C), 4 vitamina rastvorljivih u mastima (vitamini A, D, E i K) i holin. DRIs normativi uključuju i procene energetske potrebe organizma za žene i muškarce od 30 godina starosti u zavisnosti od nivoa fizičke aktivnosti zatim prihvatljive opsege distribucije makronutrijenata (masti, ugljenih hidrata, proteina), DRIs za makronutrijente uključujući vlakna, linolensku i  $\alpha$ -linoleinsku kiselinu.

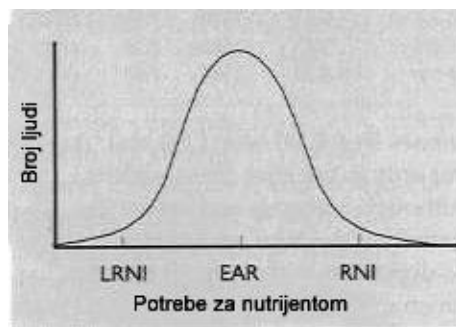
Tabela 2 prikazuje DRIs vrednosti definisane za mineralne materije. Preporučeni unosi (RDAs) su obeleženi tamnije a adekvatni unosi (AIs) su označeni asteriskom (\*).

Tabela 2 Prehrambeni referentni unosi (DRIs): Preporučeni unosi za pojedince, Elementi (preuzeto od Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies (NRC, 2004)).

Prehrambeni referentni unosi (DRIs): Preporučeni unosi za pojedince, Elementi Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies															
Starosno doba, (god.)	Ca (mg/d)	Cr (µg/d)	Cu (µg/d)	F (mg/d)	I (µg/d)	Fe (mg/d)	Mg (mg/d)	Mn (mg/d)	Mo (µg/d)	P (mg/d)	Se (µg/d)	Zn (mg/d)	K (g/d)	Na (g/d)	Cl (g/d)
Odojčad, (mes.)															
0-6	210*	0.2*	200*	0.01*	110*	0.27*	30*	0.003*	2*	100*	15*	2*	0.4*	0.12*	0.18*
7-12	270*	5.5*	220*	0.5*	130*	11	75*	0.6*	3*	275*	20*	3	0.7*	0.37*	0.57*
Deca															
1-3	500*	11*	340	0.7*	90	7	80	1.2*	17	460	20	3	3.0*	1.0*	1.5*
4-8	800*	15*	440	1*	90	10	130	1.5*	22	500	30	5	3.8*	1.2*	1.9*
Muškarci															
9-13	1,300*	25*	700	2*	120	8	240	1.9*	34	1,250	40	8	4.5*	1.5*	2.3*
14-18	1,300*	35*	890	3*	150	11	410	2.2*	43	1,250	55	11	4.7*	1.5*	2.3*
19-30	1,000*	35*	900	4*	150	8	400	2.3*	45	700	55	11	4.7*	1.5*	2.3*
31-50	1,000*	35*	900	4*	150	8	420	2.3*	45	700	55	11	4.7*	1.5*	2.3*
51-70	1,200*	30*	900	4*	150	8	420	2.3*	45	700	55	11	4.7*	1.3*	2.0*
> 70	1,200*	30*	900	4*	150	8	420	2.3*	45	700	55	11	4.7*	1.2*	1.8*
Žene															
9-13	1,300*	21*	700	2*	120	8	240	1.6*	34	1,250	40	8	4.5*	1.5*	2.3*
14-18	1,300*	24*	890	3*	150	15	360	1.6*	43	1,250	55	9	4.7*	1.5*	2.3*
19-30	1,000*	25*	900	3*	150	18	310	1.8*	45	700	55	8	4.7*	1.5*	2.3*
31-50	1,000*	25*	900	3*	150	18	320	1.8*	45	700	55	8	4.7*	1.5*	2.3*
51-70	1,200*	20*	900	3*	150	8	320	1.8*	45	700	55	8	4.7*	1.3*	2.0*
> 70	1,200*	20*	900	3*	150	8	320	1.8*	45	700	55	8	4.7*	1.2*	1.8*
Trudnice															
14-18	1,300*	29*	1,000	3*	220	27	400	2.0*	50	1,250	60	12	4.7*	1.5*	2.3*
19-30	1,000*	30*	1,000	3*	220	27	350	2.0*	50	700	60	11	4.7*	1.5*	2.3*
31-50	1,000*	30*	1,000	3*	220	27	360	2.0*	50	700	60	11	4.7*	1.5*	2.3*
Dojilje															
14-18	1,300*	44*	1,300	3*	290	10	360	2.6*	50	1,250	70	13	5.1*	1.5*	2.3*
19-30	1,000*	45*	1,300	3*	290	9	310	2.6*	50	700	70	12	5.1*	1.5*	2.3*
31-50	1,000*	45*	1,300	3*	290	9	320	2.6*	50	700	70	12	5.1*	1.5*	2.3*

U Velikoj Britaniji se koriste normativi pod nazivom prehrambene referentne vrednosti (engl. Dietary Reference Values, skr. DRVs). Ovaj normativ je formiran početkom '90-tih godina XX veka prema preporukama Komiteta o medicinskim aspektima hrane i programima ishrane (engl. Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy, skr. COMA). Ove vrednosti, slično DRIs, predstavljaju procene za hranljivim materijama koje su neophodne zdravoj populaciji. Sastoje se iz tri kategorije preporuka (Slika 3):

1. **Referentni unosi nutrijenta (Reference Nutrient Intakes, skr. RNIs)** su procene količine nutrijenta koja zadovoljava potrebe većine iz posmatrane populacione grupe.
2. **Procenjene prosečne potrebe (Estimated Average Requirements, skr. EARs)** predstavljaju procenu prosečnih potreba koje zadovoljavaju potrebe za energijom ili nutrijentom pri čemu se očekuje da 50% populacije zahteva manje količine a 50% populacije veće količine od procene. U grupi koja unosi adekvatne količine nutrijenta ili energije, interval unosa će varirati oko EAR vrednosti.
3. **Donji referentni unosi nutrijenta (Lower Reference Nutrient Intakes, skr. LRNIs)** predstavlja procenu količine nutrijenta koja zadovoljava potrebe malog broja ljudi koji imaju smanjene potrebe (2.5% opšte populacije). Za većinu članova populacije, ovi unosi nisu odgovarajući.



Slika 3 Distribucija potreba za nutrijentima unutar populacije (preuzeto iz EVM (2003)).

Prilikom izrade DRVs normativa pretpostavlja se da potreba za nutrijentom unutar populacije ima normalnu raspodelu. DRVs vrednosti predstavljaju procenu potreba za grupe i ne mogu se smatrati adekvatnim preporukama ili ciljevima za pojedince.



U Tabeli 3 su prikazane procene referentnih unosa za mineralne materije prema britanskom normativu DRVs.

Važno je naglasiti da se hrani kao primarnom izvoru nutrijenata daje prednost u odnosu na dijetetske suplemente pre svega zbog toga što hrana istovremeno daje više vrsta nutrijenata i pruža zadovoljstvo tokom konzumacije (Monsen, 2000). Takođe, postoje saznanja o lošijoj biološkoj usvojivosti sintetičkih formi određenih nutrijenata.

**Tabela 3 Referentni unosi nutrijenata (DRVs)-mineralne materije (preuzeto iz Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom, 1991).**

Referentni unosi nutrijenata za mineralne materije

Starosno doba	Kalcijum mg/d	Fosfor mg/d	Magnezijum mg/d	Natrijum mg/d <sup>†</sup>	Kalijum mg/d	Hlorid mg/d	Gvožđe mg/d	Bakar mg/d	Selen µg/d	Jod µg/d
0-3 meseca	525	400	55	210	800	320	1.7	0.2	10	50
4-6 meseci	525	400	60	280	850	400	4.3	0.3	13	60
7-9 meseci	525	400	75	320	700	500	7.8	0.3	10	60
10-12 meseci	525	400	80	350	700	500	7.8	0.3	10	60
Godine života										
1-3	350	270	85	500	800	800	6.9	0.4	15	70
4-6	450	350	120	700	1 100	1 100	6.1	0.6	20	100
7-10	550	450	200	1 200	2 000	1 800	8.7	0.7	30	110
Muškarci										
11-14	1 000	775	280	1 600	3 100	2 500	11.3	0.8	45	130
15-18	1 000	775	300	1 600	3 500	2 500	11.3	1.0	70	140
19-50	700	550	300	1 600	3 500	2 500	8.7	1.2	75	140
50+	700	550	300	1 600	3 500	2 500	8.7	1.2	75	140
Žene										
11-14	800	625	280	1 600	3 100	2 500	14.8**	0.8	45	130
15-18	800	625	300	1 600	3 500	2 500	14.8**	1.0	60	140
19-50	700	550	270	1 600	3 500	2 500	14.8**	1.2	60	140
50+	700	550	270	1 600	3 500	2 500	8.7	1.2	60	140
Trudnoća	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Dojenje										
0-4 meseca	+550	+440	+50	*	*	*	*	+0.3	+15	*
4+ meseci	+550	+440	+50	*	*	*	*	+0.3	+15	*

\* Bez povećanja \*\* Nedovoljno za žene sa visokim menstrualnim gubicima

† Na osnovu proteina koji doprinose 14.7% EAR za energiju

## 2.4 ANTIOKSIDACIONA AKTIVNOST U HRANI I NJEN ZNAČAJ U ISHRANI

Poslednjih godina se posvećuje veoma velika pažnja fiziološkoj funkcionalnosti hrane, pre svega zbog povećanog interesa za poboljšanje zdravstvenog stanja ljudskog organizma. Rezultati dobijeni iz brojnih *in vitro* i *in vivo* ogleda su doprineli da se antioksidaciona aktivnost smatra osnovnim mehanizmom zaštite živog organizma od oksidacionih oštećenja koji rezultuje u prevenciji različitih oboljenja kao što su kardiovaskularne bolesti, maligniteti i dijabetes. Prema definiciji,

---

antioksidaciona aktivnost je sposobnost neke komponente da inhibira oksidacionu razgradnju (Roginsky & Lissi, 2005).

#### *2.4.1 Reaktivne oksidacione vrste*

Slobodni radikali ili reaktivne oksidacione vrste (ROS) su molekuli koji imaju nespareni elektron zbog čega su izuzetno reaktivni. Najčešće istraživani biološki relevantni aktivni slobodni radikali su peroksi radikal  $LO_2^{\bullet}$ , superoksid anjon  $O_2^{\bullet-}$ , hidroksi radikal  $HO^{\bullet}$  i aktivni oblici azota (RNS). Izvori slobodnih radikala su pre svega normalni fiziološki procesi. Slobodni radikali se kontinualno proizvode unutar ćelije kao rezultat proizvodnje energije u mitohondrijama, procesa detoksifikacije, i imunološke funkcije (Dimitrios, 2006; Szocs, 2004). S druge strane, jedan deo slobodnih radikala se generiše kao posledica unutarćelijskog metabolizma supstanci koje dolaze iz spoljne sredine (toksini, zagađujuće materije) ili kao posledica uzlaganja UV zracima (Ichihashi, Ueda, Budiyanto, Bito, Oka & Fukunaga, 2003). Drugi izvori reaktivnih oksidacionih vrsta su makrofagi i neutrofilni koji sadrže enzimske komplekse sa sposobnošću da generišu superoksid radikale i vodonik perokside (Rosen, Pou, Ramos, Cohen & Britigan, 1995).

Kada nivo ROS prevaziđe antioksidacioni kapacitet ćelije dolazi do remećenja unutarćelijske redoks homeostaze i nastanka oksidacionog stresa (Halliwell, 1999) koji dovodi do oštećenja važnih biomolekula (DNK, lipida, proteina) (Dimitrios, 2006). Danas se smatra da oksidacioni stres ima ključnu ulogu u patogenezi starenja i nekim degenerativnim bolestima kao što su ateroskleroza, kardiovaskularne bolesti, dijabetes tip 2 i maligne bolesti (Dimitrios, 2006; Storz, 2005; Gutteridge, 1993; Kehrer, 1993).

#### *2.4.2 Odbrambeni mehanizmi organizma protiv oksidacionog stresa*

Ljudski organizam poseduje veoma sofisticirane mehanizme za uklanjanje viška slobodnih radikala u cilju održavanja oksidoredukcione homeostaze. Ovi protektivni mehanizmi deluju na različite načine: neutrališu slobodne radikale ili blokiraju njihov nastanak. Odbrambeni mehanizmi koji uključuju enzimske ili neenzimatske antioksidanse koji nastaju u organizmu nazivaju se endogenim (Hayes & McLellan, 1999; Sies, 1999) dok se ostali, koji potiču iz hrane nazivaju egzogenim (Porrini, Riso, Brusamolino, Berti, Guarnieri & Visioli, 2005; Benzie, 1999).

---

Odbrambeni mehanizmi žive ćelije protiv oksidacionog stresa obuhvataju više nivoa odbrane (Shi, Noguchi & Niki, 2001):

1. Preventivno delovanje: sprečavanje nastanka slobodnih radikala (enzimatsko razlaganje hidroksiperoksida i vodonik peroksida, heliranje metalnih jona i neutralisanje aktivnih oksidanasa);
2. Neutralisanje slobodnih radikala i sprečavanje lančanih reakcija;
3. Popravka oštećenja i rekonstituisanje enzima;
4. Adaptacija (stvaranje odgovarajućih antioksidacionih enzima i njihov transport).

#### *2.4.3 Izvori antioksidanasa i njihova uloga u funkcionisanju odbrambenog sistema*

Većinu veoma potentnih antioksidanasa unosimo putem hrane, pre svega konzumacijom voća, povrća i čaja zbog čega se hrana smatra veoma važnim, čak esencijalnim izvorom antioksidanasa. Njihove funkcije su veoma različite. Vitamin E (tokoferoli), vitamin C, karotenoidi i polifenolna jedinjenja su glavni antioksidansi u fazi neutralisanja slobodnih radikala i zaustavljanja lančanih reakcija (Shi, Noguchi & Niki, 2001).

Sledeće namirnice su kategorizovane kao najbogatije po sadržaju antioksidanasa prema rezultatima najopsežnije studije o antioksidansima u hrani (USDA, 2007): crveni sitni pasulj, divlja borovnica, crveni krupni pasulj, pitoma borovnica, brusnica, kuvane artičoke, kupine, šljive, maline, jagode, jabuke (sorte Red Delicious i Granny Smith), pekan orah, trešnja, crna šljiva, kuvani krompir (sorta Russet), crni pasulj, jabuka (sorta Gala), cimet.

Prema poznatoj hipotezi o antioksidansima, pošto antioksidansi mogu da spreče oštećenja koja nastaju kao posledica oksidacije, povećan unos antioksidanasa iz hrane će smanjiti rizik od pojave hroničnih bolesti. I zaista, brojne epidemiološke studije pokazuju da je unošenje prirodnih antioksidanasa kroz uravnoteženu ishranu veoma bitno za zaštitu organizma od oksidacionih stresova (Stanner, Hughes, Kellz & Butriss, 2004; Halvorsen et al., 2002).

#### 2.4.4 Metodi određivanja antioksidacione aktivnosti u hrani

Postoje dva metodološka pristupa kod određivanja antioksidacione aktivnosti: direktni i indirektni. Kod indirektnih metoda određivanja, najčešće se određuje sposobnost antioksidansa ili prirodnih proizvoda da neutrališu slobodne radikale što ne može da ukaže na stvarnu efikasnost antioksidansa u realnim uslovima oksidacione degradacije (Roginsky & Lissi, 2005). Direktni (*ex vivo*) metodi se zasnivaju na ispitivanju sposobnosti antioksidanasa da inhibiraju oksidacionu degradaciju u nekom ispitivanom sistemu ili supstratu za oksidaciju. Kao supstrat za oksidaciju najčešće se koriste pojedinačni lipidi, smeše lipida i ulja, proteini, DNK, krvna plazma, LDL holesterol, biološke membrane, itd.

**Indirektni metodi** se koriste u praksi češće od direktnih. Obe grupe metoda imaju i prednosti i mana. Izvođenje indirektnih metoda je povezano sa brojnim ograničenjima kao što su male brzine reakcije, problemi sa rastvorljivošću, mogućnost interferencije usled prisustva organskih kiselina ili drugih redukcionih komponenata, povišene temperature u toku izvođenja ogleada (Lima, Tóth & Rangel, 2005). U principu su **direktni metodi** mnogo adekvatniji od indirektnih jer su osetljiviji. Međutim, izvođenje direktnih metoda je dugotrajno, skupo i zahteva veliko iskustvo u poznavanju hemijske kinetike zbog čega direktni metodi nisu pogodni za rutinsko testiranje prirodnih proizvoda.

Dobro razrađeni indirektni metodi, kao što su DPPH i ABTS test su mnogo produktivniji i lakši za rukovanje. Bitna je samo pravilna interpretacija rezultata. Indirektni metodi daju informacije o sposobnosti prirodnih proizvoda da neutrališu stabilne slobodne radikale kao što su DPPH<sup>•</sup> ili ABTS<sup>•+</sup> tj. determinišu antioksidacionu aktivnost proizvoda samog po sebi ili njegov **antioksidacioni potencijal** (Roginsky & Lissi, 2005). Stvarna antioksidaciona aktivnost prirodnog proizvoda ili hrane u uslovima realnog biološkog sistema će zavisi od brojnih činilaca a pre svega od njihove biološke usvojivosti i metabolizma (Collins, 2005). Takođe, postoje istraživanja koja ukazuju da korisno delovanje mnogih antioksidanasa nije povezano isključivo sa klasičnom red-oks aktivnošću već uključuje i druge veoma komplikovane unutarćelijske mehanizme koji modulišu specifične enzimske aktivnosti izazivajući reakciju ćelije na oksidacioni stres (Masella, Di Benedetto, Vari, Filesi & Giovannini, 2005).

---

Najbolji način za ispitivanje efikasnosti antioksidanasa (pojedinačnih ili iz hrane) bi bilo izvođenje *in vivo* eksperimenata na, po mogućnosti, ljudima. Ovaj tzv. molekularno epidemiološki pristup bi se zasnivao na merenju biomarkera (superoksid dismutaze, glutation peroksidaze. Katalaze, tokoferola, karotenoida) u uzorcima koji se lako uzimaju (krv, urin) uz odgovarajuću validaciju rezultata (Collins, 2005; Somogyi, Rosta, Pusztai, Tulassay & Nagy, 2007).

### **Najčešće korišćeni indirektni metodi za određivanje antioksidacionog potencijala**

#### *ABTS test*

Ovaj test je jedan od najpopularnijih indirektnih metoda koji se zasniva na praćenju razgradnje ABTS<sup>•+</sup> radikal katjona koji nastaje oksidacijom 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazilin-6-sulfonata) (ABTS). ABTS<sup>•+</sup> radikal katjon je obojen i lako se može pratiti spektrofotometrijski. Stabilan je ali u prisustvu fenola brzo reaguje sa donatorom H-atoma i prelazi u bezbojan oblik ABTS. Rezultat se iskazuje relativno u Trolox ekvivalentima (jedinice koncentracije) kao TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). TEAC u stvari predstavlja broj ABTS<sup>•+</sup> radikal katjona koje je neutralisao ili utrošio jedan molekul antioksidansa. U komercijalnoj verziji ovaj test je poznat kao TEAC protokol. U cilju unapređenja razvijene su razne modifikacije ovog testa koje uključuju automatizaciju i primenu protočnih analitičkih tehnika. Automatizovane tehnike omogućuju lakšu kontrolu kritičnih faza (mešanje), smanjuju količinu uzorka potrebnu za analizu i pojednostavljuju rukovanje čime se sprečava preterano izlaganje osetljivih uzoraka dejstvu ambijentalnog vazduha (Lima, Tóth, & Rangel, 2005).

Prednost testa: Relativno jednostavno izvođenje i pogodnost za rutinske analize.

Nedostaci testa:

- TEAC vrednost karakteriše sposobnost ispitivanog uzorka da reaguje sa ABTS<sup>•+</sup> radikal katjonom ali ne daje informacije kojom efikasnošću može da inhibira reakciju oksidacije, što je zajednički nedostatak svih indirektnih testova.

- Mala selektivnost  $ABTS^{*+}$  radikal katjona u reakciji sa donorima H-atoma i mogućnost reagovanja sa bilo kojim aromatičnim jedinjenjem sa  $-OH$  grupom bez obzira na njegov antioksidacioni potencijal.

#### *DPPH test*

Ovaj test je jedan od najstarijih testova koji je predložen za određivanje donora vodonika u prirodnim materijalima. Kasnije se koristio za određivanje antioksidacionog potencijala pojedinačnih antioksidanasa i hrane. Test se zasniva na sposobnošću stabilnog slobodnog radikala 2,2-difenil-1-pikrilhidrazila (DPPH) da reaguje sa donorima vodonika uključujući i fenolna jedinjenja. DPPH pokazuje intenzivnu apsorpciju u vidljivom delu spektra i lako se određuje spektrofotometrijski.

Prednost testa: DPPH je mnogo selektivniji u reakciji sa vodonikovim donorima nego  $ABTS^{*+}$  radikal katjon.

#### *FRAP test*

FRAP (ferric reducing antioxidant power) test se zasniva na sposobnosti fenola da redukuju  $Fe^{3+}$  jone u  $Fe^{2+}$  jone. Kada se reakcija odigrava u prisustvu 2,4,6-tripiridil-s-triazina, redukcija se može pratiti preko formiranja bojenog kompleksa sa  $Fe^{2+}$  jonima. Test je jednostavan za izvođenje i nije skup ali ima brojne nedostatke. Pošto u reakcionom sistemu ne postoje slobodni radikali, ovim testom nije moguće izvršiti poređenje u odnosu na različite vrste slobodnih radikala. Ovim testom ne može da se izmeri antioksidacioni kapacitet antioksidanasa sa  $-SH$  grupom kao i onih koji reaguju sa  $Fe^{2+}$  jonima.

#### *ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) test*

U testu se meri oksidaciona razgradnja fluorescentnog molekula (najčešće fluoresceina) u smeši sa generatorom slobodnih radikala (najčešće neko azo- jedinjenje). Nastali peroksi radikali oštećuju fluorescentni molekul što se beleži kao smanjenje fluorescencije. Prisustvo antioksidansa u smeši

---

štiti fluorescentni molekul i tako usporava smanjenje fluorescencije. Step en zaštitnog delovanja antioksidansa se kvantitativno iskazuje relativno u odnosu na delovanje antioksidansa Troloxa ili E-vitamina.

Prednost testa: ovim testom se obuhvataju hidrofobni i hidrofilni antioksidansi bez obzira na postojanje ili nepostojanje lag faze u njihovom delovanju, odnosno obuhvataju se i brzo i sporo delujući antioksidansi.

Nedostaci testa: nije izvršena pouzdana identifikacija vrste slobodnog radikala koji učestvuje u ovoj reakciji niti je poznat mehanizam oksidacije.

#### *2.4.5 Antioksidaciona aktivnost žita i proizvoda od žita*

Brojne epidemiološke studije su potvrdile da ishrana koja se bazira na konzumaciji celog zrna žita ima zaštitni efekat protiv poremećaja metabolizma i bolesti kao što su dijabetes (Venn & Mann, 2004), kardiovaskularne bolesti (Anderson, 2003; Truswell, 2002; Trowell, 1972) i gastrointestinalne bolesti. Studije su takođe potvrdile da ključnu ulogu u demonstriranju zdravstvenog efekta imaju prehrambena vlakna, međutim, biohemijski mehanizmi koji doprinose ovom efektu još nisu razjašnjeni. Pored poznate fiziološke funkcije vlakana, pokazalo se da vlakna pokazuju i značajnu antioksidacionu aktivnost koja takođe doprinosi njihovom zdravstvenom efektu (Andreasen, Landbo, Christensen, Hansen & Meyer, 2001). Antioksidaciona aktivnost vlakana potiče od brojnih fenolnih kiselina (hidroksicinamične kiseline) koje su prisutne u ćelijskom zidu i formiraju komplekse sa vlaknima (Vitaglione, Napolitano & Fogliano, 2008). Najčešće prisutne fenolne kiseline u pšenici su ferulična, vanilična i *p*-kumarinska kiselina. Ferulična kiselina čini 46-67% od ukupnih fenolnih kiselina (Zhou, Yin & Yu, 2005).

Cela zrna žita sadrže i druga jedinjenja koja pokazuju izraženu antioksidacionu aktivnost: vitamin E (prisutan u klici), folate, minerale (gvožđe, cink, selen, bakar, mangan), karotenoide, lignin, fitinsku kiselinu, betain, holin, sumporne amino kiseline i alkilrezorcinole (Fardet, Rock & Rémésy, 2008). Vitamin E se smatra antioksidansom sa direktnim delovanjem dok su ostali indirektni antioksidansi (folati, holin i betain) ili kofaktori enzima sa antioksidacionim delovanjem (selen, mangan, cink). Njihov sadržaj je značajno manji u rafinisanom zrnu.

---

Prema podacima brojnih studija, proizvodi od žita pokazuju značajan antioksidacioni potencijal. Miller, Rigelhof, Marquart, Prakash i Kanter (2000) su pokazali da se antioksidaciona aktivnost kreće u rasponu od 1200-1250  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  za beli pšenični hleb i pirinač do 2000-2800  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  za 100% integralni pšenični hleb i cerealije za doručak od celog zrna pšenice, respektivno. Ovi podaci pokazuju da antioksidaciona aktivnost žita i proizvodi žita nije zanemarljiva i da je slična kao kod uobičajenog voća (u proseku 1200  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ ) i čak veća od povrća (400  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ ) ali je manja od bobičastog voća (u proseku 3880  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ ).

Podaci ukazuju da je antioksidaciona aktivnost uglavnom skoncentrisana u frakciji mekinja. Prema podacima Millera (2000), antioksidaciona aktivnost proizvoda na bazi pšeničnih mekinja dostiže i do 8500 TE. Esposito, Arlotti, Bonifati, Napolitano, Vitale i Fogliano (2006) su ustanovili da je antioksidaciona aktivnost mekinjaste frakcije durum pšenice uporediva sa antioksidacionom aktivnošću crvenog vina i paradajza. Krupica dobijena od endosperma durum pšenice je imala zanemarljivu aktivnost u odnosu na ispitivane mekinjaste frakcije. Slične rezultate za endosperm i mekinjaste frakcije meke pšenice demonstrirali su i Liyana-Pathirana i Shahidi (2006a; 2007) koji su ustanovili gradaciju antioksidacione aktivnosti prema šemi: aleuronski sloj>mekinjasta frakcija>celo zrno pšenice. Isti autori su pokazali da je antioksidaciona aktivnost uzoraka pšenice bila znatno viša u uslovima simuliranog gastrointestinalnog pH tretmana što upućuje na zaključak da tokom varenja dolazi do povećanog rastvaranja nekih fenolnih jedinjenja vezanih za vlakna (Liyana-Pathirana & Shahidi, 2005; 2006b). Stoga se nameće zaključak da je *in vitro* antioksidaciona aktivnost često podcenjena jer se ovim analizama najčešće ne obuhvata delovanje antioksidanasa vezanih za vlakna.

Međutim, rezultati *ex vivo* oglada su kontroverzni. Nekoliko studija je ispitivalo oksidaciju LDL (lipoproteina niske gustine) iz krvne plazme ljudi ili životinja i dobijeni su različiti rezultati. U nekim studijama je potvrđeno da mekinje i celo zrno žita (pšenica, raž, ovas, i crni pirinač) mogu da spreče ili umanje oksidaciju LDL ili povećaju rezistencu LDL prema oksidaciji (Andreasen, Landbo, Christensen, Hansen & Meyer, 2001; Gray, Clarke, Baux, Bunting & Salter, 2002; Hu, Zawistowski, Ling & Kitts, 2003; Yu, Zhou & Parry, 2005) dok neke studije to nisu u potpunosti potvrdile (Harder, Tetens, Let & Meyer, 2004; Chen, Milbury, Kwak, Collins, Samuel & Blumberg, 2004). Slični kontroverzni rezultati su dobijeni i u mnogim velikim humanim interventnim studijama koje su



---

ispitivale zaštitni efekat antioksidanasa iz voća i povrća (Collins, 2005). Za sada nema objašnjenja zašto se u nekim studijama potvrđuje zaštitni efekat antioksidanasa a u nekim ne ali je, u svakom slučaju, značajno da studije nisu demonstrirale štetne efekte.

Veoma je mali broj studija koje su se bavile uticajem redovne konzumacije proizvoda od integralnog žita na stanje oksido-redukcijske homeostaze ljudskog organizma. U studiji Brucea, Spillera, Klevaya i Gallaghera (2000) obuhvaćeno je 12 žena sa povišenim sadržajem masnoća u krvi koje su u toku 4 nedelje redovno konzumirale hranu bogatu fitohemikalijama i integralnim žitima. Nakon isteka 4 nedelja, u organizmu subjekata je utvrđena smanjena potreba za antioksidacionim enzimima koji čine deo protektivnog mehanizma organizma od oksidacionog stresa. U studiji Janga, Leeja, Kima, Parka i Leeja, (2001) koja je obuhvatala 76 muškaraca sa kardiovaskularnim poremećajima pokazano je da je ishrana koja se sastojala od 55% integralnih žita poboljšala antioksidacioni status pacijenata što se ogledalo u smanjenju produkata lipidne oksidacije u krvi i urinu kao i u smanjenju nivoa homocisteina u krvnoj plazmi. Obroci koji su sadržali 20 g/dan krupnih pšeničnih mekinja (Lewis, Bolton & Heaton, 1996) ili proizvode od integralnog žita (Andersson et al., 2007) nisu imali značajan uticaj na lipidnu peroksidaciju kod ljudi.

S druge strane, više epidemioloških studija je potvrdilo da konzumacija žita od celog zrna i njihovih proizvoda štiti organizam od kardiovaskularnih bolesti, dijabetesa tipa 2 i nekih oblika raka jer one nastaju kao posledica oksidacionog stresa (Esmailzadeh, Mirmiran & Azizi, 2005; Venn & Mann, 2004; Anderson, 2003; Truswell, 2002).

Opšte je prihvaćen stav da žito i proizvodi od žita imaju zaštitni efekat po zdravlje ljudi a ovaj efekat se pripisuje sinergističnom efektu fitohemikalija prisutnih u celom zrnu žita (Slavin, 2003). Zahvaljujući antioksidacionom potencijalu fitohemikalija, poboljšava se antioksidacioni status različitih tkiva. Takođe se smatra da zaštitni efekat fitohemikalija potiče, pored redoks aktivnosti, i od nekih drugih, za sada nepoznatih mehanizama.

## 2.5 MELASA

Melasa je važan nusproizvod industrije prerade šećera iz šećerne repe (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*) ili trske (*Saccharum* L.). Nakon višestruko ponovljenih postupaka uparavanja, kristalizacije i centrifugisanja gustog soka ekstrahovanog iz rezanaca šećerne repe ili usitnjene trske, ostaje melasa u obliku gustog sirupa tamne boje. Iako sadrži dosta saharoze, iz melase se saharoza više ne može izdvojiti na ekonomičan način.

### 2.5.1 Sastav melase

#### 2.5.1.1 Osnovni hemijski sastav melase šećerne repe

Melasa predstavlja polikomponentni sistem promenljivog sastava u dosta širokim granicama, što uglavnom zavisi od sastava sirovine, od tehnoloških procesa u fazi čišćenja difuzionih sokova i tehnološkog postupka u fazi kristalizacije saharoze (Šušić & Guralj, 1965). Uobičajeni pokazatelji sastava različitih vrsta melase su prikazani u Tabeli 4. Za ocenu kvaliteta melase od značaja su sadržaj saharoze, suve materije, isparljivih kiselina, invertnog šećera i reakcija sredine koja mora biti alkalna. Ovi faktori utiču na stabilnost melase i mogu da ukažu na izvesne promene u toku skladištenja. Neodgovarajućom se smatra melasa sa sledećim parametrima (Šušić et al., 1995):

- Manjim sadržajem suve materije od 76.3°Bx,
- Manjim pH od 6.8,
- Manjim sadržajem ukupnih šećera računatih na saharozu od 47%,
- Većim sadržajem sumpor dioksida od 0.15%.

U svim vrstama melase dominantna komponenta je saharoza. Melasa šećerne repe sadrži oko 50% saharoze. Ostali šećeri su prisutni u manjim količinama: rafinoza (trisaharid) je prisutna u količini oko 1% a monosaharidi glukoza i fruktoza u količini od po 0.25% (Petrov & Petrov, 1980; Schneider, 1968).

Nijedna vrsta melase ne predstavlja značajni izvor proteina. Proteini melase šećerne repe spadaju u grupu niskomolekularnih makromolekula koji pretežno sadrže monoaminodikarbonske kiseline sa oko 50% glutaminske kiseline (Šušić & Sinobad, 1989). Ne sadrže sve esencijalne aminokiseline već samo pet (lizin, valin, izoleucin, leucin i fenilalanin). Melasa sadrži i neproteinske

azotne komponente u slobodnom stanju: betain (u količini od oko 6% u melasi šećerne repe (Thalasso, van der Burgt, O'Flaherty & Colleran, 1999, Viktorović, Terek & Karadžić, 1966), slobodnu glutaminsku kiselinu (oko 4%), holin, alantoin, purin, citozin, gvanozin, citidin (u količini od oko 1.5% ukupno).

Betain je jaka organska baza koja ima osobinu da vezuje hlorovodoničnu kiselinu. Pošto se betain ne menja u probavnom traktu ljudi, može imati pozitivno delovanje na ublažavanje simptoma hiperacidoze u želucu (Šušić & Sinobad, 1989). Ostala navedena neproteinska azotna jedinjenja takođe spadaju u grupu organskih baza i njihova uloga je znatno manja u odnosu na betain ali se smatra da utiču na održavanje kiselinsko-bazne ravnoteže u ljudskom organizmu. U azotna organska jedinjenja ubrajaju se i melanoidini koji nastaju polimerizacijom monomera slobodnih aminokiselina i redukujućih šećera po mehanizmu Maillardove reakcije. Melanoidini i produkti karamelizacije utiču na pojavu tamne boje melase.

Tabela 4 Osnovni hemijski sastav različitih vrsta melase.

Vrsta melase	Referenca	Suva materija %	Ukupni šećeri %	Saharoza %	Invertni šećer %	Proteini %	Pepeo %	pH
Melasa šećerne repe	Šušić et al., 1995	83.3	50.8	49.7	1.15	-	12.6	7.1
Melasa šećerne repe	Sauvant, Perez & Tran, 2004	75.7	46.6	-	-	11.0	9.8	-
Melasa šećerne repe	Grbeša, 2004	75.1	45.5	-	-	11.0	10.0	
Melasa šećerne repe	Curtin, 1983	77.0	48.0	-	-	6.0	8.7	-
Melasa šećerne repe	Hungerford, 1982; Šušić & Sinobad, 1989	81.0-84.0	50.0-52.0	51*	0.5*	12-13	11-12	-
Melasa šećerne repe	Šušić & Guralj, 1965	83.5	52.5	-	-	5.0	11.5	-
Melasa šećerne trske	Sauvant, Perez & Tran, 2004	73.7	47.1	-	-	4.0	10.3	-
Melasa šećerne trske	Grbeša, 2004	74.0	46.0	-	-	4.0	10.1	-
Melasa šećerne trske (Blackstrap)	Hickenbottom, 1996	79.5	53.0	34	19	2.2	9.5	5.0
Melasa šećerne trske	Curtin, 1983	75.0	46.0	-	-	3.0	8.1	-
Melasa šećerne trske (Blackstrap)	Nutrition facts for molasses, blackstrap	71.3	60.7	-	-	0.0	8.2	-

\* podaci potiču od Petrov & Petrov, 1980; Schneider, 1968, respektivno.

Bezazotna ekstraktivna organska jedinjenja su prisutna u melasi šećerne repe u malim količinama (3-9%) što ne znači da se u njoj ne nalaze jedinjenja korisna za održavanje ljudskog zdravlja (Šušić & Sinobad, 1989). Glavnu supstancu ove grupe jedinjenja čini mlečna kiselina u slobodnom stanju. Posebno je značajno da su kalcijumove soli mlečne kiseline rastvorne u vodi što doprinosi održavanju inače teško rastvorljivih soli kalcijuma u rastvorenom stanju u organizmu. Pored mlečne kiseline, melasa šećerne repe sadrži mravlju, sirćetnu i jabučnu kiselinu, pektine, galaktane, arabane, dekstrane, levane i proizvode karamelizacije.

### 2.5.1.2 Mineralni i vitaminski sastav melase šećerne repe

U važne komponente melase spadaju mikronutrijenti, minerali i vitamini. Melasa šećerne repe i trske se odlikuje visokim sadržajem kalijuma, magnezijuma i natrijuma. Melasa šećerne trske uglavnom sadrži više kalcijuma i fosfora dok melasa šećerne repe sadrži više kalijuma i natrijuma (Tab. 5). Tehnološki postupci proizvodnje doprinose koncentrisanju termički stabilnih vitamina i vitamina stabilnih u baznoj sredini u melasi. Melasa uglavnom sadrži vitamine B grupe (Tab. 5).

Tabela 5 Sadržaj mikronutrijenata (minerala i vitamina) u različitim vrstama melase.

Vrsta melase	Referenca	K mg/100 g	Na mg/100 g	Ca mg/100 g	Mg mg/100 g	Fe mg/100 g	Pantoten- ska kis. mg/100 g	Niacin mg/100 g	Tiamin mg/100 g
Melasa šećerne repe	Sauvant, Perez & Tran, 2004	3920	680	100	50	11.7	0.3	-	-
Melasa šećerne repe	Grbeša, 2004	3920	1300	100	320	11.7	11.1	44.8	8.5
Melasa šećerne repe	Curtin, 1983	4700	1000	200	-	11.7	0.7	-	-
Melasa šećerne repe	Šušić & Sinobad, 1989	4060	590	185	85	3.0	0.08	2.9	0.04
Melasa šećerne trske	Sauvant, Perez & Tran, 2004	3740	240	740	330	18.8	2.9	2.8	0.07
Melasa šećerne trske	Grbeša, 2004	3750	260	710	350	22.0	3.0	2.8	0.07
Melasa šećerne trske (Blackstrap)	Hickenbottom, 1996	1380	192	517	-	75.0	-	1.4	U tragovima
Melasa šećerne trske	Curtin, 1983	2400	200	800	-	24.9	2.1	-	0.09
Melasa šećerne trske (Blackstrap)	Nutrition facts for molasses, blackstrap	2493	54.9	860	215	17.5	0.9	1.1	0.03

---

Pantotenska kiselina je osetljiva na procesne parametre u proizvodnji šećera. Pokazalo se da vitaminski sastav melase varira u veoma širokim granicama. S obzirom na malu koncentraciju vitamina grupe B i na učestalost konzumacije melase, mnogi nutricionisti melasu ne smatraju izvorom vitamina B. Međutim, melasa sadrži širi spektar i oko 3800% veću količinu vitamina B u poređenju sa pčelinjim medom (Šušić & Sinobad, 1989).

#### *2.5.1.3 Nenutritivni sastojci melase šećerne repe*

Zbog svoje prirode kao krajnjeg ili nusproizvoda prerade šećerne repe i trske, u melasi ostaju svi sastojci iz biljne sirovine koji nisu uklonjeni izdvajanjem šećera. Pored zaostalog neekstrahabilnog šećera, obilja minerala, vitamina, itd. u melasi se mogu nagomilavati i rezidue štetnih materija kao što su teški metali, pesticidi i sl. Zbog toga je melasa iz organske proizvodnje manje rizična. Štetne materije koje se mogu naći u melasi uglavnom ne potiču iz biosintetskog ciklusa biljne sirovine, osim saponina u šećernoj repi.

Saponini u melasi potiču direktno iz repe. Oni predstavljaju triterpenske derivate polisaharida – glikozide i pokazuju hemolitičko delovanje. Saponini u hrani se tradicionalno smatraju antinutritivnim faktorima, međutim, prehrambeni izvori saponina postaju interesantni otkako se otkrilo da pokazuju holesterol snižavajuće i antikancerogeno delovanje (Gurfinkel & Rao, 2003; Kim et al. 2003). Sadržaj saponina u melasi šećerne repe se kreće oko 0.025% i u ovoj koncentraciji se smatra neškodljivim za zdravlje ljudi (Šušić & Sinobad, 1989). U krompiru ima četiri puta više saponina. Glavni prehrambeni izvori saponina su leguminoze (soja, pasulj, sočivo, kikiriki) a pored šećerne repe, prisutni su u ovsu, belom i crnom luku, špargli, čaju, španaću i jamu.

Melasa sadrži SO<sub>2</sub> u malim količinama koje se ne smatraju škodljivim po čoveka a potiče od SO<sub>2</sub> koji se koristi za zakišeljavanje vode za ekstrakciju rezanaca. Prema literaturnim podacima, sadržaj SO<sub>2</sub> u melasi se kreće od 0.01 do 0.05% a zabeleženi su i manji rasponi od 0.001 do 0.005% (Jevtić-Mučibabić, 2005).

Mikroorganizmi u melasu dospevaju sekundarnom kontaminacijom jer se skladišti u nesterilnoj sredini.

U melasi šećerne repe mogu da se koncentrišu teški metali, pesticidi i polihlorovani bifenili a dospevaju u nju preko kontaminiranog zemljišta, zagađenog vazduha i upotrebom sredstava za zaštitu bilja. U Tabeli 6 dat je pregled podataka o utvrđenim količinama zagađujućih materija u uzorcima melase koji se mogu naći u literaturi.

Tabela 6 Prisustvo zagađujućih materija u melasi

Uzorak	Zagađujuća materija	Količina $\mu\text{g}/\text{kg}$	Dozvoljene količine $\mu\text{g}/\text{kg}$	Regulativa	Referenca
Melasa šećerne repe	$\alpha$ -HCH	1.34	20	Sl. list SRJ 5/92	Šušić & Sinobad (1989)
Melasa šećerne repe	$\gamma$ -HCH	2.62	100 (10)	Sl. list SRJ 5/92 (86/362/EEC, EEC, 1986)	Šušić & Sinobad (1989)
Melasa šećerne repe	DDT	5.20	100	Sl. list SRJ 5/92	Šušić & Sinobad (1989)
Melasa šećerne repe	p,p'-DD	0.58	100	Sl. list SRJ 5/92	Šušić & Sinobad (1989)
Melasa šećerne repe	p,p'-DDT	0.91	100	Sl. list SRJ 5/92	Šušić & Sinobad (1989)
Melasa šećerne repe	p,p'-DDE	0.04	100	Sl. list SRJ 5/92	Šušić & Sinobad (1989)
Melasa šećerne repe roda 2002	ukupni PCB (kongeneri 28, 52, 101, 138, 153, 180)	0.17 (na s.m.)	300-1000 (u namirnicama životinjskog porekla)	Sl. list SRJ 5/92	Škrbić, 2008
			200-3000 (u namirnicama životinjskog porekla)	FDA, 1996a, FDA, 1996, b	
Melasa šećerne repe roda 2004	ukupni PCB (kongeneri 28, 52, 101, 138, 153, 180)	0.18 (na s.m.)	300-1000 (u namirnicama životinjskog porekla)	Sl. list SRJ 5/92	Škrbić, 2008
			200-3000 (u namirnicama životinjskog porekla)	FDA, 1996a, FDA, 1996, b	

Ispitivanjem osnovnih masovnih kultura prema sadržaju PCB-ja, Škrbić (2008) je utvrdila da se opterećenje PCB-jima glavnih proizvoda ovih kultura može prikazati prema sledećoj šemi: jestivo ulje > pšenično zrno > beli šećer dok se kod glavnih sporednih proizvoda može prikazati kao: pšenične mekinje > sušeni repini rezanci > melasa šećerne repe. Na osnovu podataka istog autora može se zaključiti da u melasi šećerne repe ne dolazi do koncentrisanja ove zagađujuće materije jer je utvrđeno da beli šećer sadrži 0.34-1.11 mg/kg s.m. dok je u melasi utvrđeno 0.17-0.18 mg/kg s.m.

---

### 2.5.2 Primena melase

Primena melase je veoma raznovrsna:

- Primenjuje se kao supstrat u brojnim fermentacionim postupcima kod proizvodnje pekarskog i pivskog kvasca, proizvodnje etanola, limunske kiseline, lizina i mononatrijum glutamata;
- Primenjuje se kao vezivno sredstvo i stabilizator (u proizvodnji briketa uglja, cementa, izrada kalupa od peščanika);
- Primenjuje se kao sredstvo za kompostiranje;
- Primenjuje se kao dodatak u hrani za životinje (uglavnom melasa šećerne repe) i konditorskim proizvodima, pekarskim proizvodima, umacima, itd. (uglavnom melasa šećerne trske).

### 2.5.3 Antioksidacioni potencijal melase

Pored činjenice da je melasa šećerne repe bogat izvor mnogih važnih nutrijenata, postoje istraživanja koja ukazuju da melasa ima i značajan antioksidacioni potencijal. Naime, melasa šećerne repe sadrži komponente koje su nosioci antioksidacione aktivnosti kao što su fenolna jedinjenja i orto-difenolna jedinjenja. U istraživanju Maestro-Durána, Borja, Jiménez i Leóna (1996) identifikovano je 12 fenolnih jedinjenja: šest benzoevih kiselina (galna, protokatehinska, *p*-hidroksibenzoeva, salicilna, vanilinska i siringinska), dve cimetne kiseline (*p*-kumarinska i ferulinska), tri fenolna aldehida (protokatehinski, *p*-hidroksi-benzoev i vanilinski aldehyd) i jedan fenolni alkohol (gvajakol). Betain i holin, prisutni u melasi u količini do 6% i manje od 1%, respektivno, su dugo zanemarivani kao nosioci antioksidacionog delovanja. Betain omogućuje konverziju homocisteina u metionin jer je donor metil grupe a poznato je da je visoka koncentracija homocisteina jedan od najbitnijih faktora rizika za kardiovaskularne bolesti koji vodi do oksidacionog stresa. Betain se dobro resorbuje u digestivnom traktu i zajedno sa folatima smanjuje oksidacioni stres *in vivo* smanjujući koncentraciju homocisteina kod laboratorijskih miševa u studiji Baraka, Beckenhauera, Maillarda, Kharbanda i Tuma (2003). Mnoge studije potvrđuju da unošenje betaina pokazuje brojne zaštitne funkcije kao npr. hepatoprotektivna funkcija i protiv poremećaja apoptoze (programirane smrti ćelija) (Ganesan et al. 2007). Holin je

---

prekursor betaina i takođe ima funkciju u odbrambenom mehanizmu organizma od oksidacionog stresa.

S druge strane, postoje studije koje potvrđuju visok antioksidacioni potencijal ekstrakta melase šećerne trske i istovremeno demonstriraju zanimljive fiziološke funkcije ekstrakata koje obuhvataju antiinflamatorno delovanje, pojačavanje efekta delovanja vakcina, poboljšanje odbrambenog mehanizma ćelija protiv infekcija i pokazivanje zaštitnog efekta protiv oksidacionog oštećenja DNK (Nagai, Mizutani, Iwabe, Araki & Suzuki, 2001; Takara, Ushijima, Wada, Iwasaki & Yamashita, 2007; Guimarães, Gião, Martinez, Pintado, Bento & Malcata, 2007). Važno je napomenuti da ekstrakti melase u eksperimentima nisu pokazivali prooksidaciono delovanje.

## 2.6 OSMOTSKA DEHIDRATACIJA

Osmotska dehidracija je postupak delimične dehidracije ili koncentrovanja namirnica bogatih u sadržaju vode, kao što su voće i povrće, u koncentrovanim (hipertoničnim) vodenim rastvorima šećera i/ili soli kroz polupropustljivu membranu koju čine ćelije tretiranog biljnog materijala. U toku ovog postupka simultano se odigravaju dva suprotna procesa: jedan je difuzija vode iz uzorka biljnog materijala u rastvor a drugi je difuzija rastvorka iz rastvora u uzorak. Pogonska sila za pokretanje ovih difuzionih procesa je razlika osmotskog pritiska između biljnog tkiva i rastvora koji ga okružuje. Fluks vode koji difunduje iz uzorka je mnogo veći od suprotnog fluksa osmoaktivnih supstanci (rastvorka) zbog toga što polupropustljiva biljna tkiva onemogućuju ulazak većih molekula osmoaktivnih supstanci dok istovremeno omogućuju migraciju vode iz tkiva u rastvor.

Pored ova dva glavna procesa, u manjoj meri se odigrava i difuzija dela ćelijskih sokova iz tkiva u rastvor što vodi izvesnom gubitku hranljive vrednosti jer se iz tkiva delimično ispiraju minerali, vitamini i šećeri sadržani u ćelijskim sokovima (Panagiotou, Karathanos & Maroulis, 1998; Ramallo & Mascheroni, 2005).

Osmotska dehidracija se koristi sa ciljem da se omogući maksimalno uklanjanje vode iz uzorka uz istovremeno minimalno usvajanje suve materije kako bi se smanjile neželjene promene ukusa i mirisa tretiranog proizvoda, postigla njegova stabilnost i zadržale hranljive materije u



biljnom tkivu (Rault-Wack, 1994; Toreggianni, 1993). Kao rezultat dobija se proizvod sa stabilnijom bojom koji teže podleže enzimskom oksidacionom potamnjivanju a zadovoljava zahteve potrošača za proizvodom koji je minimalno tretiran i procesuiran. Gubitak vode tokom osmotske dehidracije obično se kreće u granicama 30-50% (Sankat, Castagne & Maharaj, 1996). Proizvod dobijen nakon osmotske dehidracije sadrži i dalje suviše visoku količinu vode da bi se mogao smatrati stabilnim za skladištenje (Moyano & Zúñiga, 2003). Zbog toga se ovako tretirani proizvodi dalje podvrgavaju nekom od načina konzervisanja (sušenje, ukuvavanje, pasterizacija, zamrzavanje, itd.) odnosno osmotska dehidracija predstavlja predtretman klasičnim postupcima konzervisanja. Potrošnja energije prilikom konzervisanja proizvoda koji su prethodno osmotski tretirani se značajno smanjuje.

### 2.6.1 Kinetika prenosa mase tokom osmotske dehidracije

Parametri koji najadekvatnije opisuju proces osmotske dehidracije su:

- Gubitak vode (engl. water loss, skr. WL) koji predstavlja količinu vode koja je difundovala iz biljnog tkiva u rastvor (*jednačina (1)*);
- Priraštaj suve materije (engl. solid gain, skr. SG) koji predstavlja povećanje sadržaja suve materije uzorka nakon postupka (*jednačina (2)*);
- Redukcija mase (engl. weight reduction, skr. WR) koji predstavlja gubitak mase uzorka nakon tretmana (*jednačina (3)*).

$$WL(\%) = \frac{M_0 - M_i}{W_0} \cdot 100 \quad (1)$$

$$SG(\%) = \frac{S_i - S_0}{W_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$$WR = \frac{W_i - W_0}{W_0} \quad (3)$$

gde su:  $M_0$  – količina vlage u svežem uzorku (g),  $M_i$  – količina vlage u uzorku nakon osmotske dehidracije (g),  $S_0$  – količina suve materije u svežem uzorku (g),  $S_i$  – količina suve materije u uzorku nakon osmotske dehidracije (g),  $W_i$  – ukupna masa uzorka nakon osmotske dehidracije i  $W_0$  – ukupna masa svežeg uzorka (g).

Ove jednačine se zasnivaju na pretpostavci da je količina suve materije koja difunduje iz uzorka u rastvor zanemarljiva tj., da uzorak samo gubi vodu i prima suhu materiju. Kod proučavanja kinetičkih modela osmotske difuzije prvog reda polazi se od pretpostavki da je maseni udeo osmotskog rastvora u odnosu na biljni materijal toliko visok da se može smatrati konstantnim, da je osmotski tretman izoterman i ravnotežan proces i da se dominantni procesi prenosa mase odnose samo na difuziju vode iz uzorka u osmotski rastvor i rastvorka iz osmotskog rastvora u uzorak kao i da su ovi procesi odvijaju nezavisno jedan od drugog (Panagiotou, Karathanos & Maroulis, 1998). Optimizacijom uslova osmotske dehidracije identifikuju se procesni parametri koji omogućuju minimalni priraštaj suve materije (SG) pri maksimalnom gubitku vode (WL), tj. visok odnos WL/SG. Ovaj odnos se smatra korisnim indikatorom koji ukazuje na veličinu i efikasnost prekoncentrisanja u toku osmotske dehidracije (Lazarides, Katsanidis, & Nickolaidis, 1995; Spiazzi & Mascheroni, 1997).

Kinetički modeli procesa koji se odigravaju tokom osmotske dehidracije se opisuju jednačinama 4 i 5 (Panagiotou, Karathanos & Maroulis, 1998):

Za gubitak vode

$$\frac{d(-WL)}{dt} = -K_{WL}(WL - WL_e) \quad (4)$$

Za priraštaj suve materije

$$\frac{d(SG)}{dt} = -K_{SG}(SG - SG_e) \quad (5)$$

gde su  $WL_e$  –gubitak vode u konačnom vremenu  $t$  procesa;  $SG_e$  – priraštaj suve materije u konačnom vremenu  $t$  procesa;  $K_{WL}$  – konstanta brzine gubitka vode;  $K_{SG}$  – konstanta brzine priraštaja suve materije i  $t$  – vreme.

### 2.6.2 Faktori koji utiču na proces osmotske dehidracije

Na efikasnost osmotske dehidracije utiču brojni faktori: vrsta osmotskog agensa i koncentracija osmotskog rastvora, vreme trajanja, maseni odnos uzorka i hipertoničnog rastvora, osmotska temperatura, veličina i oblik uzorka, brzina mešanja (Falade & Igbeka, 2007).

---

---

### ***Vrsta osmotskog agensa i koncentracija hipertoničnog rastvora***

Izbor optimalnog hipertoničnog rastvora je jedan od osnovnih problema osmotske dehidracije. Vrsta osmotskog agensa, njegova molekulska masa i jonizacija značajno utiču na kinetiku difuzionih procesa i postizanje ravnotežnog stanja. U većini literaturnih podataka, kao najbolje rešenje za pripremu hipertoničnih rastvora pokazali su se saharoza i natrijum-hlorid, sami ili u kombinaciji. Pored šećera, koriste se i drugi ugljeni hidrati (sorbitol, glukoza, fruktoza, glukozni i fruktozni sirupi) i njihove kombinacije (Falade & Igbeka, 2007). Pored saharoze, kao pogodna sirovina za pripremu hipertoničnih rastvora može se koristiti i melasa šećerne repe.

Melasa šećerne repe je jeftina sirovina koja je dostupna u velikim količinama i nameće se kao zamena za saharozu. Melasa ima visok sadržaj suve materije (oko 80%). Sadrži oko 50% saharoze i značajan je izvor brojnih mikronutrijenata (minerala i vitamina), naročito kalijuma, kalcijuma, gvožđa i magnezijuma. Pokazano je da se prilikom osmotske dehidracije jabuke u melasi postižu viši WL/SG odnosi nego u 70% rastvoru saharoze (Filipčev, Lević, Šimurina & Kuljanin, 2006) kao i da iz melase u jabuku difunduju pored šećera i mineralne materije (K, Na, Mg, Ca) (Filipčev, Lević, Pribiš & Kabić, 2008).

### ***Vreme trajanja osmotske dehidracije***

Vreme trajanja je najznačajniji parametar osmotske dehidracije koji utiče na gubitak vode i priraštaj suve materije. Produženjem vremena trajanja procesa dolazi do postepenog smanjenja brzine prenosa mase kao i do većeg gubitka mase uzorka. Najveće promene u masi i sadržaju suve materije uzorka se odigravaju u prvih pola sata tretmana dok se promene u obliku tj. makroskopskim svojstvima uzorka (veličina i oblik ćelija, veličina međućelijskog prostora) menjaju tokom celokupnog trajanja procesa (Falade & Igbeka, 2007).

### ***Temperatura***

Povišena temperatura povoljno deluje na intenziviranje prenosa mase tokom osmotske dehidracije. Povišena temperatura smanjuje viskozitet hipertoničnih rastvora. Povoljno deluje na difuziju i stvaranje kontakta između uzorka i rastvora. Međutim, suviše visoke temperature

---

uzrokuju nepoželjne promene u boji, ukusu i teksturi uzorka. U literaturi se navode granične temperature od oko 49°C iznad kojih se pospešuju neželjene promene boje i ukusa uzorka (Torreggiani, 1993; Falade & Igbeka, 2007) ali se u zavisnosti od vrste uzorka dehidratacija vrši i na temperaturama od 50-55°C.

#### ***Maseni odnos uzorak: hipertonični rastvor***

Maseni odnos uzorka i hipertoničnog rastvora značajno utiče na efikasnost osmotske dehidratacije. Veći maseni udeo hipertoničnog rastvora pospešuje gubitak vode i priraštaj suve materije. Veći maseni udeo rastvora sprečava razblaživanje rastvora i na taj način omogućuje konstantan prenos mase. U cilju održavanja ravnotežnih uslova u toku procesa, u literaturi se preporučuju odnosi rastvor:uzorak 20:1, 30:1 ili čak 50:1 ali se najčešće primenjuje odnos 4:1 (Falade & Igbeka, 2007). U laboratorijskim uslovima nije teško zadovoljiti zahteve za visokim masenim udelom rastvora ali u industrijskim uslovima u kojima se tretiraju tone voća i povrća, velike zapremine koncentrovanih rastvora predstavljaju problem.

#### ***Veličina i oblik uzorka***

Veličina i oblik komada tretiranog uzorka imaju u određenoj meri uticaj na proces osmotske dehidratacije naročito prilikom kratkih tretmana. Kod tanjih uzoraka se pre postiže ravnotežno stanje. Prema podacima Lericija i sar. (1985), smanjenje odnosa površina: minimalna debljina komada uticalo je na povećanje priraštaja suve materije.

#### ***Mešanje osmotskog rastvora***

Prilikom difuzije vode iz ćelijskog tkiva u osmotski rastvor formiraju se lokalizovana područja sa povećanom koncentracijom vode u okolini komadića tretiranog uzorka. Mešanjem rastvora se razbijaju ova područja i smanjuje veličina graničnog sloja oko komadića, čime se intenzivira dalji prenos mase. Primena mešanja ubrzava osmotsku dehidrataciju ali ako su razlike u prenosu mase male, ekonomičnije je izostaviti mešanje jer se ne troši energija, ne investira u mešače a i komadići tretiranog materijala se manje oštećuju (Falade & Igbeka, 2007).

---

### 2.6.3 Prednosti i mane postupka osmotske dehidracije

U prednosti osmotske dehidracije ubrajaju se:

- blagi temperaturni režim koji ne izaziva promene u barijernim svojstvima polupropustljive ćelijske membrane i omogućuje zadržavanje prirodne boje bez dodataka sulfita;
- smanjenje ukupnih energetske troškova u naknadnim postupcima konzervisanja (sušenje, ukuvavanje).

U nedostatke osmotske dehidracije ubrajaju se: previsok priraštaj suve materije, brz gubitak vode i ispiranje suve materije iz uzorka koji mogu da dovedu do značajne izmene nutritivnog profila uzorka u odnosu na početno stanje (Falade & Igbeka, 2007). Visok priraštaj suve materije izaziva dodatni otpor difuziji vode što usporava dehidraciju proizvoda. Postupak osmotske dehidracije vremenski dugo traje.

Prenos mase tokom postupka osmotske dehidracije zavisi od procesnih promenljivih kao što su koncentracija osmotskih rastvora i vrsta rastvorka, temperatura i pritisak. Osmotska dehidracija se obično sprovodi na atmosferskom pritisku ali se može sprovoditi i u vakuumu (Fito, 1994; Shi & Fito, 1994; Escriche, Chiralt, Moreno & Serra, 2000) koji je posebno pogodan za uklanjanje vode iz poroznih materijala.

---

## **3. MATERIJAL I METODI**

### **3.1 SIROVINE**

Za ispitivanja je korišćena melasa šećerne repe (sadržaj suve materije 81.4%) iz šećerane "Jugozapadna Bačka" iz Bača. Osnovne sirovine uključene u probna pečenja hleba su bili komercijalno dostupni proizvodi: industrijsko pšenično brašno T-500 proizvođača "Fidelinka" Subotica (sadržaj vlage 12.6%, sadržaj pepela 0.49% s.m., sadržaj proteina 10.2% s.m.), beli kristal šećer proizvođača "TE-TO" Senta, sveži pekarski kvasac proizvođača "Alltech Fermin" (70% sadržaj vlage), biljna mast proizvođača "Puratos" Belgija, so, obrano mleko u prahu ("Novosadska mlekara", Novi Sad) i kompleksni poboljšivač ("Zlatni tigar", "Puratos" Belgija).

### **3.2 PRIPREMA OSMOTSKI DEHIDRIRANOG VOĆA I POVRĆA**

Jabuke sorte Ajdared, šljive sorte Stenlej, mrkva i crveni kupus ujednačenog kvaliteta i veličine su nabavljene iz lokalne tržnice. Nakon pranja, uzorci su isečeni u komadiće. Pre usitnjavanja, uzorci mrkve su tanko oguljeni dok se voće koristilo neoljušteno.

Jabuke i mrkve su sečene okruglim nožem u komadiće cilindričnog oblika prečnika 20 mm i visine 20 mm. Šljiva i crveni kupus su isečeni u kocke dimenzije 1 cm. Isitnjeni uzorci su, odvojeno po vrsti, postavljeni u čaše sa melasom i na njih je stavljen teg kako bi stalno bili uronjeni u melasu. Maseni odnos uzorka i melase je bio 1:4. Čaše su pokrivene staklenim poklopcem kako bi se umanjio gubitak vlage i postavljene u termostat na konstantnoj temperaturi od 55°C. Posle perioda od 5 sati, uzorci su izvađeni iz osmotskog medijuma. Nakon ispiranja i blagog upijanja viška vlage upijajućom hartijom, deo tretiranih uzoraka je postavljen u sušnicu na 105°C u trajanju od 12 h. Osušeni uzorci su samleveni u mlinu za kafu i korišćeni su kao praškasti dodaci u hlebu. Neosušeni uzorci su korišćeni u svežem stanju kao dodaci hlebu a do pečenja su čuvani u frižideru ne duže od jednog dana.

---

### 3.3 PRIPREMA HLEBA

Za probno pečenje korišćena je sledeća osnovna formulacija hleba (izraženo u % na brašno): pšenično brašno (100%), šećer (3.5%), pekarski kvasac (3%), biljna mast (2.5%), so (1.5%), mleko u prahu (1.2%), aditiv (0.4%). Melasa i dodaci na bazi osmotski dehidriranog voća/povrća u melasi u praškastom stanju su ispitivane u dozama 5 i 10% računato na brašno. Doze svežeg osmotski dehidriranog voća/povrća u melasi su bile 10 i 30% računato na brašno.

Probno pečenje hleba je sprovedeno uz primenu brzohodnog zamesa testa (1+7) na laboratorijskoj mesilici Diosna (Dierks & Söhne Maschinenfabrik, Osnabrück, Nemačka). Temperatura testa je bila 30°C. Testo je fermentisalo u masi 45 min nakon čega je izvršeno ručno premesivanje i odmaranje u toku 15 min. Testo je podeljeno u komade mase 400 g, oblikovano u veknu i postavljeno u kalup dimenzija (24.5 x 9 x 6.5 cm). Završna fermentacija je trajala 60 min na 30°C i 80% relativne vlažnosti. Pečenje je sprovedeno na 230°C u peći etažnog tipa (Termotehnika, Zagreb, Hrvatska).

### 3.4 OCENJIVANJE HLEBA

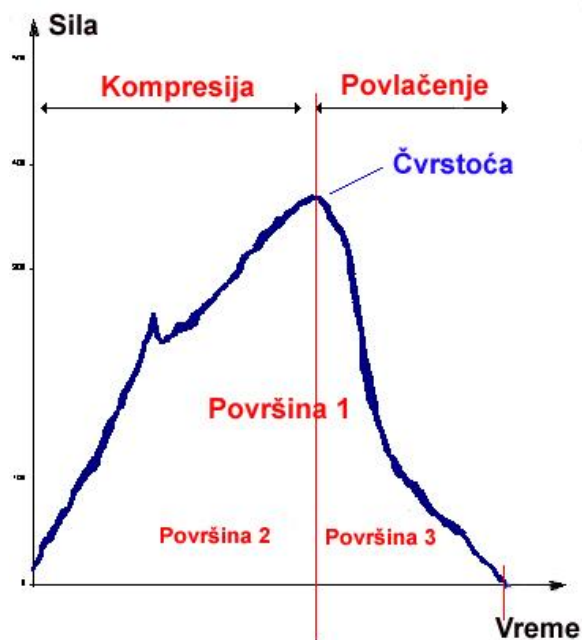
Ocenjivanje kvaliteta hleba je vršeno 24 h nakon pečenja. Praćeni su sledeći kvalitetni pokazatelji:

- Masa hleba (g);
- Zapremina hleba izražena kao specifična zapremina (ml/g);
- Čvrstoća i elastičnost sredine određeni instrumentalno;
- Kvalitet sredine i kore hleba određeni senzorski;
- Boja kore i sredine hleba određeni instrumentalno.

Masa hleba i zapremina hleba su mereni 24 h nakon pečenja.

### 3.4.1 Instrumentalno određivanje čvrstoće i elastičnosti sredine hleba

Teksturane karakteristike sredine hleba određene su pomoću analizatora teksture TA-XT2 Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, Velika Britanija) koristeći ravan disk za kompresiju prečnika 36 mm (nastavak P/36R). Čvrstoća i elastičnost hleba su određeni prema modifikovanom 74-10A AACC metodu (AACC, 2003). Čvrstoća je određena kao maksimalna postignuta sila prilikom kompresije uzorka podeljena sa površinom ispod krive kompresije (Slika 4). Elastičnost je određena kao odnos površine ispod krive koja nastaje tokom povratka diska posle kompresije (površina 3) i površine ispod krive kompresije (površina 2) (Slika 4). Elastičnost izražena na ovaj način pokazuje koliko se brzo sredina vraća u početni položaj. Da bi parametar elastičnosti mogao da se meri, neophodno je da brzine kretanja diska pre i posle kompresije budu jednake, u čemu se i ogleda modifikacija metoda 74-10A AACC. Parametri podešavanja instrumenta tokom testa su bili sledeći: modul - merenje sile tokom kompresije; brzina pre testa – 1.0 mm/sec; brzina tokom testa – 1.7 mm/sec; brzina nakon testa – 1.7 mm/sec, deformacija – 40%; sila okidanja – 5 g. Debljina kriške hleba je bila 25 mm. Prve tri kriške sa oba kraja vekne su odbačene i nisu upotrebljene za ispitivanje. Merenje je izvršeno u 12 ponavljanja.



Slika 4 Tipična kriva i parametri kod kompresije hleba



### 3.4.2 Senzorsko određivanje kvaliteta sredine i kore hleba

Senzorsko određivanje kvaliteta sredine i kore hleba je određeno metodom deskriptivne senzorske analize (Radovanović & Popov-Raljić, 2001). Ispitivani su sledeći senzorski atributi: intenzitet boje kore i sredine, svojstva sredine (ravnomernost pora, finoća pora i kompresibilnost) i profil arome hleba. Panel sastavljen od 7 ocenjivača koji su imali prethodno iskustvo u ocenjivanju hleba od najmanje 1 godine, učestvovao je u odabiru i definiciji atributa (Tab. 7) kao i sporazumu oko prikazivanja rezultata na skali intenziteta, gde je 1 bila ocena za najmanji intenzitet a 9 ocena za najveći intenzitet.

Komadi hleba su kodirani a redosled prikazivanja uzoraka ocenjivačima je određen metodom slučajnog izbora. Uzorci su ocenjivani u paralelama.

*Tabela 7 Definicija senzorskih atributa korišćenih za senzorsku ocenu hleba sa dodatkom melase i osmotski dehidriranog voća/povrća u melasi.*

Senzorski atribut	Definicija
<b>Boja (kore)</b>	
Intenzitet boje	Doživljaj intenziteta boje kore Skala: 1 - veoma svetla 9 – veoma tamna
<b>Boja (sredine)</b>	
Intenzitet boje	Doživljaj intenziteta boje sredine Skala: 1 - bela 9 – svetlo mrka
<b>Tekstura (sredine)</b>	
Kompresibilnost (palpatorno)	Otpor koji sredina pruža tokom pritiska na centar sredine hleba Skala: 1 – izuzetno čvrsto (izuzetno neprihvatljivo) 9 – izuzetno mekano i stišljivo (izuzetno prihvatljivo)
Ravnomernost pora (vizuelno)	Ujednačenost pora sredine hleba Skala: 1 – izuzetno neujednačene 9 – izuzetno ujednačene
Finoća pora (vizuelno i palpatorno)	Finoća strukture zidova pora u kombinaciji sa osećajem koji se dobija prevlačenjem jagodica prstiju preko površine preseka Skala: 1 – grube (neprihvatljivo) 9 – vunaste (izuzetno prihvatljivo)

Senzorski atribut	Definicija
<b>Aroma</b>	
Na fermentisano testo	Aroma na sveže pšenično testo fermentisano kvascem. Blaga aroma sredine kod svežeg belog hleba. Skala: 1 - ne postoji aroma 9 – izuzetno izražena aroma
Karamel	Na uprženi šećer. Skala: 1 - ne postoji aroma 9 – izuzetno izražena aroma
Na voće	Na pekmez. Skala: 1 - ne postoji aroma 9 – izuzetno izražena aroma
Na povrće	Karakteristična aroma mrkve ili kupusa. Skala: 1 - ne postoji aroma 9 – izuzetno izražena aroma
Zagorelo	Ukus na blago gorko kao kod preprženog šećera ili zagorelog pekmeza. Skala: 1 - ne postoji aroma 9 – izuzetno izražena aroma
Ukupan utisak arome	Ukupan utisak kombinacije mirisa i ukusa, zaokruženost. Skala: 1 - ne postoji aroma 9 – izuzetno izražena aroma

### 3.4.3 Instrumentalno određivanje boje sredine i kore hleba

Boja kore i sredine hleba određena je na tristimulusnom fotokolorimetru MOM-Color 100 (Magyar Optikai Művek, Budimpešta, Mađarska) koji registruje parametre  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  svakog uzorka. Svako merenje je izvršeno u tri ponavljanja. Varijacija u boji je određena pomoću sledeće jednačine:

$$\Delta E = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}}$$

## 3.5 HEMIJSKE ANALIZE

### 3.5.1 Analize osnovnog hemijskog sastava

Osnovni hemijski sastav hleba i dodatka na bazi osmotski dehidriranog voća/povrća u melasi šećerne repe (sadržaj proteina, masti, skroba, ukupno redukujućih šećera, sirovih vlakana, pepela i vlage) određen je prema metodima propisanim u Pravilniku o metodima fizičkih i hemijskih analiza

---

za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (Sl. list SFRJ, 1988). Osnovni pokazatelji kvaliteta i hemijskog sastava melase određeni su standardnim metodima koji se koriste u industriji šećera.

### 3.5.2 Analiza mineralnog sastava

Za analizu mineralnog sastava (sadržaja K, Na, Mg i Ca), izvršeno je vlažno spaljivanje uzoraka. Dalje analize su sprovedene u zavisnosti od vrste elementa (AOAC, 2000). Magnezijum je određen na atomskom apsorpcionom spektrofotometru (Varian Spectra A-10, Australija) uz korišćenje deuterijumske lampe kao pozadinskog korektora. Sadržaji natrijuma i kalijuma su određeni metodom plamene atomske emisije spektrometrije na istom aparatu a sadržaj kalcijuma je određen na plamenom fotometru (Jenway-PFP7, Velika Britanija).

## 3.6 ODREĐIVANJE ANTIOKSIDACIONOG POTENCIJALA HLEBA

Antioksidaciona aktivnost hleba je određena metodom indirektnog DPPH testa koji je detaljno opisan u radu Millera, Rigelhofa, Marquarta, Prakasha & Kantera (2000).

### **Priprema uzorka**

Uzorci se melju do sitne, fine granulacije koja se lako homogenizuje. U prvoj fazi se može koristiti kuhinjski električni aparat za usitnjavanje a u drugoj fazi se preporučuje upotreba kugličnog mlina. Kod mlevenja uzoraka hleba, potrebno je dodavati po malo destilovane vode da bi se sprečilo sabijanje uzorka tokom mlevenja.

### **DPPH test**

DPPH je stabilni slobodni radikal koji u 50% vodeno-metanolnom rastvoru daje tamno purpurnu boju. Kada antioksidansi iz uzorka reaguju sa DPPH intenzitet obojenja se smanjuje i menja u žuto što se registruje spektrofotometrom merenjem apsorbanije na 515 nm.

---

Odmeri se 10-20 mg uzorka (u zavisnosti od aktivnosti) u Erlenmajer od 125 ml koji sadrži 50 ml 101  $\mu$ M DPPH rastvorenog u 50% vodenom rastvoru metanola. Tikvica se začepi i postavi u rotacioni inkubator na 100°F (37.8°C). Nakon 4 sata, suspenzija se filtrira. Vršiti se očitavanje na spektrofotometru na 515 nm. Vrednost apsorbancije se očitava za slepu probu sa DPPH i to u nultom trenutku i nakon 4h pri istim uslovima (inkubator, 100°F (37.8°C)). Smanjenje apsorbancije za 5% u toku 4h je tipično za slepu probu tako da očitavanja treba proporcionalno korigovati. Koncentraciju DPPH treba tako podesiti da daje inicijalno očitavanje od 1.0 a veličinu uzorka treba podesiti da daje za 50% manju apsorpciju od inicijalne.

Koristeći standardne krive reakcije Troloksa sa DPPH, podaci su konvertovani u aktivnost i izraženi u mikromolovima Troloks ekvivalenta na 100 grama proizvoda.

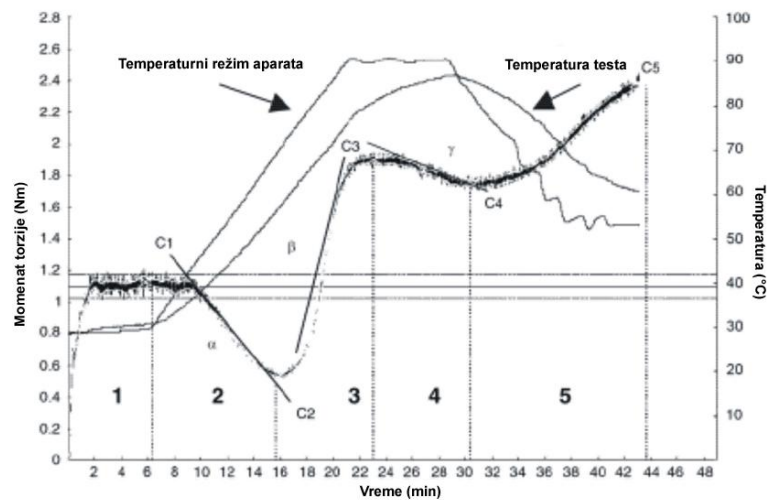
Većina metoda za određivanje antioksidacione aktivnosti namirnice pomoću DPPH stabilnog slobodnog radikala koje se navode u literaturnim podacima se zasnivaju na prethodnoj ekstrakciji antioksidacionih komponenata uzorka raznim rastvaračima (etanol, metanol, puforni rastvori) i pri različitim uslovima ekstrakcije (temperatura, trajanje, mešanje, ultrazvučna ekstrakcija, itd.). Međutim, efikasnost ekstrakcije je veoma važan faktor koji treba uzeti u obzir kada se porede rezultati između različitih uzoraka. Antioksidansi u namirnicama mogu biti vezani za ćelijske zidove, mogu biti rastvorljivi u vodi, mastima i nerastvorljivi, što sve utiče na efikasnost njihove ekstrakcije.

Ovaj metod se razlikuje po tome što se ne vrši prethodno ekstrakcija antioksidanasa već je uzorak sve vreme trajanja reakcije u kontaktu sa DPPH. Fino usitnjen uzorak, stalno mešanje u toku reakcionog perioda i temperatura omogućuju da i teško rastvorljivi antioksidansi dođu u kontakt i reaguju sa molekulom DPPH.

### **3.7 ISPITIVANJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA TESTA SA DODATKOM MELASE ŠEĆERNE REPE**

Reološka svojstva testa su ispitana određivanjem farinoloških i ekstenzografskih pokazatelja prema metodima opisanim u priručniku Kaluđerskog i Filipovićeve (1990).

Termo-mehanička svojstva testa sa dodatkom melase i OD voća/povrća su ispitivana na aparatu Mixolab (Chopin, Francuska). Aparat u realnom vremenu meri torziju (iskazanu u Nm) koja nastaje prolaskom testa između lopatica tokom mešenja čime se omogućuje praćenje fizičko-hemijskih svojstava testa. U eksperimentu je 50 g smeše (brašno i odgovarajuća doza melase ili praha OD voća/povrća) postavljeno u mesilicu i nakon temperiranja je automatski dozirana potrebna količina vode koja je omogućavala potpunu rehidraciju komponenata i postizanje optimalne konzistencije za vršenje analize ( $1.1 \pm 0.7$  Nm). Protokol se sastoji od ciklusa zagrevanje-hlađenje pri konstantnoj brzini mešenja. U radu je korišćen protokol Chopin+ sa sledećim podešavanjima: brzina mešenja: 80 o/min, ciljna torzija (C1): 1.1 Nm, temperatura tanka: 30°C, temperatura 1 platoa: 30°C, trajanje prvog platoa: 8 min, brzina zagrevanja: 4.0°C/min, temperatura 2 platoa: 90°C trajanje 2 platoa: 7 min, brzina hlađenja: 4.0°C/min, temperatura trećeg platoa: 50 °C, trajanje trećeg platoa: 5 min.



Slika 5 Izgled tipične krive dobijene na Mixolabu (Karakteristične zone: (1) Razvoj testa; (2) Slabljenje proteina usled zagrevanja; (3) Želatinizacija skroba; (4) Aktivnost amilaze; (5) Stvaranje skrobnog gela usled hlađenja.

Glavni parametri koji se očitavaju su (Slika 5): razvoj (C1) ili period postizanja maksimalne torzije tokom mešenja na 30°C, stabilitet (min) ili vreme tokom kojeg se održava torzija postignuta u C1, minimalna torzija (C2) koja se postiže tokom zagrevanja a nastaje kao posledica slabljenja proteina, maksimalna torzija (C3) koja nastaje u toku zagrevanja kao posledica želatinizacije

skroba, minimalna torzija koja se postiže tokom hlađenja na 50°C (C4) koja karakteriše amilaznu aktivnost i torzija (C5) koja se postiže nakon hlađenja koja karakteriše retrogradaciju skrobnog gela.

*Tabela 8 Specifični Mixolab parametri.*

Parametar	Opis
Razvoj, Nm	Maksimalna torzija, C1
Stabilitet, min	Vreme
Početak slabljenja proteina, Nm	Minimalna torzija, C2
Slabljenje proteina, Nm	C2-C1
Brzina slabljenja proteinske mreže, Nm/min	$\alpha$
Želatinizacija skroba, Nm	Maksimalna torzija, C3
Početa temperatura želatinizacije, °C	
Krajnja temperatura želatinizacije, °C	
Opseg želatinizacije Nm,	C3-C2
Brzina želatinizacije skroba, Nm/min	$\beta$
Aktivnost amilaze, Nm	Minimalna torzija, C4
Brzina enzimske razgradnje skroba, Nm/min	$\gamma$
Stabilitet kuvanja, Nm	C3-C4
Hlađenje skrobnog gela, Nm	C5
Setback, Nm	C5-C4
Apsorpcija vode, %	Količina vode potrebna da se postigne konzistencija, $1.1 \pm 0.07$ Nm
Amplituda, Nm	Širina krive pri postizanju C1

### 3.8 STATISTIČKA ANALIZA

Sva ispitivanja su izvršena u tri ponavljanja, osim ukoliko nije navedeno drugačije. Za statističku obradu podataka korišćena je dvofaktorska analiza varijanse. Razlike između uzoraka koje su nastale zbog različitih vrsta i doza dodataka su ispitivane pri nivou značajnosti  $p=0.05$ . Značajnost razlika je utvrđena korišćenjem Tjukijevo HSD testa. Analize su izvršene korišćenjem statističkog softvera Statistica 7.1 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma).

## 4. REZULTAT I DISKUSIJA

### 4.1 OSNOVNI HEMIJSKI POKAZATELJI MELASE ŠEĆERNE REPE

Kao hipertonični rastvor u postupku osmotske dehidracije voća/povrća i kao dodatak u hleb, korišćena je melasa šećerne repe čiji su osnovni pokazatelji kvaliteta i mineralni sastav prikazani u Tabeli 9.

Tabela 9 Hemijski sastav melase šećerne repe korišćene u eksperimentu

Parametri	
Sadržaj suve materije, %	81.4
Sadržaj ukupnih šećera, %	53.3
Sadržaj saharoze, %	50.07
Sadržaj invertnog šećera, %	0.56
pH	7.05
Sadržaj K, mg/100 g	4090.0
Sadržaj Na, mg/100 g	572.4
Sadržaj Ca, mg/100 g	201.1
Sadržaj Mg, mg/100 g	92.6

### 4.2 HEMIJSKI SASTAVI OSMOTSKI DEHIDRIRANOG VOĆA I POVRĆA

Pokazatelji hemijskog sastava voća i povrća osmotski dehidriranog (OD) u melasi šećerne repe u svežem i osušenom stanju je prikazan u Tabeli 10.

Neosušeni komadići osmotski dehidriranog voća imaju viši sadržaj vlage u odnosu na povrće dok kod osušenih i praškastih uzoraka jedino prah OD šljive ima statistički značajno viši sadržaj vlage. Osmotski dehidrirano voće ima značajno manji sadržaj pepela u odnosu na povrće. Slično se zapaža i za sadržaj proteina i sirovih vlakana. Postoje razlike i u sadržaju ukupno redukujućih šećera i saharoze kao i u mineralnom sastavu. OD povrće sadrži značajno više K, Na,

Mg i Ca u odnosu na OD voće. Varijacije u hemijskom sastavu OD voća i povrća u melasi šećerne repe su posledica hemijskog sastava samih sirovina i razlika u strukturi tkiva koje utiču na difuziju šećera i mineralnih materija iz melase.

Tabela 10 Hemijski sastav osmotski dehidriranog voća i povrća u melasi šećerne repe

Hemijski pokazatelj	OD jabuka	OD šljiva	OD mrkva	OD kupus
Sadržaj vlage neosušenih komadića, %	70.13±0.41 <sup>a</sup>	70.16±0.35 <sup>a</sup>	66.82±0.24 <sup>b</sup>	69.10±0.51 <sup>c</sup>
Sadržaj vlage osušenog i samlevenog praha, %	2.91±0.07 <sup>a</sup>	3.14±0.04 <sup>b</sup>	2.80±0.05 <sup>a</sup>	2.92±0.05 <sup>a</sup>
Sadržaj pepela, % s.m.	4.09±0.08 <sup>a</sup>	3.97±0.06 <sup>a</sup>	6.74±0.07 <sup>b</sup>	7.26±0.05 <sup>c</sup>
Sadržaj proteina, % s.m.	3.73±0.05 <sup>a</sup>	2.05±0.02 <sup>b</sup>	4.82±0.04 <sup>c</sup>	6.0±0.05 <sup>d</sup>
Sadržaj sirovih vlakana, % s.m.	8.44±0.08 <sup>a</sup>	8.26±0.1 <sup>a</sup>	12.32±0.15 <sup>b</sup>	17.32±0.11 <sup>b</sup>
Sadržaj ukupno redukujućih šećera, % s.m.	61.45±0.61 <sup>a</sup>	28.28±0.42 <sup>b</sup>	52.82±0.50 <sup>c</sup>	38.79±0.40 <sup>d</sup>
Sadržaj saharoze, % s.m	41.57±0.50 <sup>a</sup>	16.58±0.45 <sup>b</sup>	46.48±0.40 <sup>c</sup>	31.78±0.48 <sup>d</sup>
Sadržaj K, % s.m	1.78±0.04 <sup>a</sup>	2.43±0.07 <sup>b</sup>	3.28±0.10 <sup>c</sup>	3.82±0.06 <sup>c</sup>
Sadržaj Na, % s.m	0.21±0.005 <sup>a</sup>	0.30±0.003 <sup>b</sup>	0.65±0.007 <sup>c</sup>	0.92±0.007 <sup>d</sup>
Sadržaj Mg, % s.m	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>c</sup>	0.13±0.01 <sup>d</sup>
Sadržaj Ca, % s.m	0.10±0.001 <sup>a</sup>	0.16±0.001 <sup>b</sup>	0.35±0.003 <sup>c</sup>	0.41±0.003 <sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Različita slova u superskriptu kod podataka prikazanih u okviru istog reda označavaju da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3 UTICAJ MELASE I PRAŠKASTIH DODATAKA NA BAZI OSMOTSKI DEHIDRIRANOG VOĆA/POVRĆA U MELASI NA REOLOŠKA SVOJSTVA TESTA

Hlebno testo, a naročito pšenično testo se smatra najdinamičnijim i najkomplikovanijim reološkim sistemom čije karakteristike veoma utiču na teksturne i senzorske osobine gotovog proizvoda



---

(Kenny, Wehlre, Dennehy & Arendt, 1999; Stear, 1990). Osobine testa zavise od sirovinskog sastava i načina izrade. Osnovne sirovine u proizvodnji pšeničnog hleba čine pšenično brašno, voda, kvasac i so. U procesu zamesa dolazi do hidratacije čestica brašna a pod uticajem mehaničke sile u toku mešenja, makromolekulski agregati proteina ograničeno bubre, poprimaju plastično-elastične osobine, međusobno se povezujući u jednu kontinualnu prostornu makromolekulsku mrežu koja se naziva gluten.

U procesu zamesa i fermentacije testa, zrnca skroba ne trpe vidljive promene. Uprkos tome, skrob utiče na formiranje testa doprinoseći pre svega plastičnim osobinama testa jer njegovo prisustvo "razređuje" gluten. Od veličine skrobnih zrna zavisi i sposobnost bubrenja proteina koji se nalaze adsorbovani na zrnca skroba u brašnu. Od stepena oštećenosti skrobnih zrnaca zavisi količina i brzina apsorpcije vode i podložnost enzimatskoj razgradnji. Zrnca skroba trpe značajne izmene u toku pečenja jer dolazi do narušavanje unutrašnje organizacije i kristalne strukture skroba. Na povišenoj temperaturi dolazi do želiranja ili klajsterizacije zrnaca skroba koja obuhvata bubrenje i rastvaranje amiloze i manjih molekula amilopektina kao i isticanje amiloze izvan zrnaca skroba.

Pored toga, u toku mešenja se unosi vazduh u testo u obliku vazdušnih mehurića. Kada u toku fermentacije dođe do formiranja ugljen-dioksida, prvo dolazi do njegovog rastvaranja u tečnoj fazi testa. Kada se voda zasiti ugljen-dioksidom, dolazi do njegovog migriranja prema mehurićima vazduha raspoređenim u testu. Stabilnost i broj mehurića vazduha zavisi od kvaliteta glutenskog matriksa i inicijalnog broja mehurića vazduha u testu.

Uključivanjem neglutenskih sirovina u formulaciju hleba, pored toga što se smanjuje udeo glutena u testu, ometa se njegova sposobnost da formira kontinualni makromolekulski matriks. U zavisnosti od vrste neglutenskog dodatka, ovi ometajući mehanizmi mogu biti različiti. Neki dodaci mogu oduzimanjem vode iz testa da ometaju bubrenje proteinskih lanaca. Zatim, mogu fizički da zauzmu deo prostora u testu i na taj način limitiraju interakcije neophodne u formiranju glutenskog matriksa. Neglutenski dodaci mogu da deluju kao centri za formiranje vazdušnih mehurića i veoma često stvaraju velike vazdušne džepove u testu koji doprinose nastajanju neadekvatne strukture u gotovom proizvodu.

---

Negativan uticaj neglutenskih dodataka se može kompenzovati dodatkom vitalnog glutena. Obično se dodaje 1-2% vitalnog glutena na svaki procenat redukcije masenog udela glutena u brašnu. Na ovaj način se najčešće popravljaju uticaji dodataka tipa različitih vrsta prehrambenih vlakana i nepšeničnih vrsta brašna (ječam, raž, ovas, leguminoze, pseudocerealijske, itd.).

U hlebne formulacije se često uključuju sirovine poput šećera, meda i sirupa urmi. S obzirom na visok sadržaj šećera, može se očekivati da i melasa šećerne repe ispoljava slično delovanje na reološka svojstva hlebnog testa kao i šećer. Sadržaj prisutnog i dodatog šećera kao i vrsta šećera imaju veliki značaj u proizvodnji hleba. Prirodni sadržaj šećera u brašnu se kreće u rasponu 1.5-2% (Đaković, 1997). Oni potpomažu fermentaciju ali bivaju utrošeni još u njenoj početnoj fazi. Dodatak šećera u hlebno testo do određene granice produžava vreme fermentacije. Utvrđeno je, naime, da dodatak do 10% saharoze (računato na brašno) pozitivno deluje na tok fermentacije stimulacijom alkoholnog vrenja i stvaranja gasova zbog toga što se saharoza brzo invertuje u glukozu i fruktozu koje kvasac koristi kao hranu. Dodatak preko 10% (obično do 30%) usporava fermentaciju jer povećanje koncentracije šećera u tečnoj fazi testa povećava osmotski pritisak i uzrokuje plazmolizu kvašičevih ćelija. Šećer takođe deluje dehidrataciono na nabubrele proteine u glutenskoj mreži testa, dajući mekše i plastičnije testo (Auerman, 1988). Tokom pečenja, šećer koji nije utrošen u toku fermentacije učestvuje u reakcijama karamelizacije i Maillardovim reakcijama koje rezultiraju u stvaranju mrke boje kore i doprinose formiranju bogatije arome hleba.

U proizvodnji običnog pšeničnog belog hleba, smatra se da je optimalna količina šećera koja se dodaje u testo u granicama 0-5%. Veće količine šećera stvaraju sladak ukus i primerenije su za formulacije specijalnih hlebova kao što su slatkih hlebovi i hlebovi sa voćem koji su uobičajeni na zapadnom tržištu. Addo (1997) je ispitivao uticaj meda na reološka svojstva zamrznutog testa od pšeničnog brašna i ustanovio da dodatak 4-6% (računato na brašno) tečnog ili suvog meda poboljšava reološka svojstva testa povećavajući odnosni broj. Testa sa dodatkom meda su imala značajno veću rastegljivost u odnosu na kontrolni, naročito kod dodatka tečnog meda. Dodatak meda je značajno poboljšao i pecivne karakteristike zamrznutog testa što je objašnjeno pretpostavkom da med štiti proteine glutena od oštećenja koja nastaju tokom zamrzavanja zahvaljujući svojim higroskopnim osobinama. Utvrđeno je i poboljšanje boje kore i sredine hleba

kao i veća prihvatljivost od strane potrošača. Prema podacima Sidhua, Al-Saqera, Al-Hootija & Al-Othmana (2003), zamena saharoze koncentrovanim sirupom od urme je doprinela povećanju specifične zapremine hleba, formiranju mekše sredine hleba i poboljšanju boje kore, ukusa i mirisa.

#### 4.3.1 Uticaj dodatka melase na farinografske i ekstenzografske pokazatelje pšeničnog hlebnog testa

U tabeli 11 prikazane su promene reoloških osobina pšeničnog testa sa dodatkom melase u količini od 5 i 10% računato na brašno. Farinografski parametri pokazuju ponašanje testa u zamesu a ekstenzografski parametri opisuju ponašanje testa pri odležavanju tj. fermentaciji.

Tabela 11 Promena reoloških osobina testa dodatkom melase šećerne repe (81.4% s.m.)

Pokazatelj	Kontrolni	Sa 5% melase	Sa 10% melase
<b>Farinogramski pokazatelji</b>			
MUV, %	54.9	52.9	50.6
Razvoj, min	1.3	2.5	2.0
Stabilitet, min	1.0	12.0	13.0
Stepen omekšanja, FJ	25	5	+10
Kvalitetni broj	73.6	100	100
Kvalitetna klasa	A2	A1	A1
<b>Ekstenzogramski pokazatelji</b>			
Energija, cm <sup>2</sup>	110	139	163
Otpor (o), EJ	450	570	780
Rastegljivost (r), mm	139	138	133
o/r	3.24	4.13	5.86

Prema farinografskim podacima, dodatkom melase dolazi do smanjenja moći upijanja vode (MUV) jer melasa unosi vodu (sadržaj vode u melasi je bio 18.6%). Dolazi do produženja razvoja testa sa 1.3 min na 2.0-2.5 min što zahteva produženje vremena zamesa za 2-3 min. Stabilitet testa se produžuje i do 12 min. Testo sa melasom u toku stajanja ne omekšava.

---

Ekstenzografski pokazatelji ukazuju da melasa učvrćuje gluten i povećava energiju brašna. Dodatak melase (do 10%) ne utiče na značajne promene rastegljivosti ali povećava značajno otpor testa. Samim tim dolazi do povećanja i odnosnog broja.

Prema tome, melasa deluje na svojstva pšeničnog testa u pravcu njegove stabilizacije i učvršćavanja. Uopšteno gledajući, pojačanje testa deluje u pravcu povećanja zapremine hleba. Međutim, ovo je tačno samo do određene granice, jer suviše čvrsto testo, iako ima povećanu moć zadržavanja gasa, ne može dovoljno da poveća svoju zapreminu što rezultuje u proizvodu smanjene zapremine.

#### *4.3.2 Uticaj dodatka melase na pokazatelje pšeničnog hlebnog testa dobijene pomoću Mixolaba*

Prema podacima prikazanim u Tabeli 12, dodaci na bazi melase značajno smanjuju apsorpciju vode. Dodaci na bazi OD voća u melasi produžuju razvoj testa sa 2 min na 3.5 i 4.5 min kod jabuke i 4.5 i 7 min kod šljive. Dodaci na bazi OD povrća takođe produžuju razvoj testa i to do 6-7 min kod testa sa kupusom i 8-9 min za testa sa dodatkom mrkve. Dodatak čiste melase u dozi 10% povećava stabilnost testa sa 10 min i 40 sec do 11 min i 45 sec ali ove promene nisu značajne u odnosu na stabilnost testa kontrolnog uzorka. Dodaci na bazi praha OD voća i povrća su delovali u pravcu signifikantnog smanjenja stabilnosti testa. Dodatak čiste melase u testo kao i OD voća/povrća nije menjao značajno amplitudu tj. elastičnost testa. Značajno smanjenje elastičnosti testa u odnosu na kontrolni uzorak registrovano je kod testa sa dodatkom 10% OD šljive.

Kada je testo sa dodacima na bazi melase bilo izloženo simultanom delovanju mešenja i zagrevanja došlo je do značajnog smanjenja torzije u C2 na početku zagrevanja u odnosu na kontrolni, što znači da je testo sa dodacima bilo mekše i plastičnije. Omekšavanje testa je bilo izraženije kod dodatka 10% OD voća/povrća. Posmatrajući vrednosti razlike C1-C2 koja ukazuje na intenzitet slabljenja proteinske mreže, može se zaključiti da dodaci povećavaju ovu razliku tj. utiču na smanjenje stabilnosti proteina ali ne utiču na značajnu promenu brzine slabljenja proteinske mreže u odnosu na kontrolni (nagib  $\alpha$ ).

---

Dodaci na bazi melase su uticali na tok želatinizacije skroba u testu. Podaci o temperaturama na kojima se postiže C2 ukazuju da se ove promene u testima sa dodatkom melase i OD praha odigravaju na višim temperaturama (56-64°C) u odnosu na kontrolni uzorak (52°C) što znači da dodaci na bazi melase usporavaju proces želiranja skroba. Dodaci na bazi melase su doveli do smanjenja vrednosti vršnog momenta torzije C3 koji su se kretali u intervalu 1.71-1.89 Nm, dok je kod kontrolnog zabeležena vrednost 2.05 Nm. Opadanje maksimuma torzije tokom želatinizacije je najverovatnije posledica smanjene količine vode koja se nalazi na raspolaganju skrobnim zrcima u testu a koja je nastala zbog smanjenja apsorpcije vode pod uticajem dodataka. Vrednosti razlika C3-C2 se ne razlikuju značajno od kontrolnog uzorka ili su značajno manje (uzorak sa 5 i 10% melase i mrkve) što znači da dodaci ne remete sposobnost želiranja.

Testa sa dodatkom melase i OD voća i povrća smanjuju vrednost minimalne torzije koja se ostvaruje tokom hlađenja (C4) ali ne značajno u odnosu na kontrolni, što znači da dodaci ne deluju u pravcu smanjenja stabilnosti skrobnog gela na toplom. Stabilitet kuvanja na toplo (C3-C4) je čak i značajno poboljšana u testu sa dodatkom čiste melase i ostalih dodataka na bazi melase (smanjivanje vrednosti C3-C4 u odnosu na kontrolni) što znači da se smanjuje aktivnost amilaza dok se brzina želatinizacije ( $\beta$ ) kod najvećeg broja uzoraka ne razlikuje značajno od kontrolnog.

Torzija nakon hlađenja na 50°C (C5) karakteriše stvaranje skrobnog gela i proces retrogradacije molekula skroba. U odnosu na kontrolni, nema razlike u vrednostima torzije u C5 između uzoraka što znači da dodaci ne deluju u pravcu ubrzavanja retrogradacije skroba i smanjenja svežine hleba. Ovo potvrđuju i vrednosti razlike C5-C4 koji takođe ukazuju da se ne pogoršava održivost svežine sredine kod ispitivanih uzoraka. Uzorci sa 5% dodataka su imali manju razliku C5-C4 u odnosu na kontrolni i uzorke sa 10% dodataka, pri čemu su signifikantne razlike zabeležene između uzoraka sa 5% kupusa i mrkve u odnosu na uzorke sa 10% jabuke, šljive i kupusa iz čega sledi zaključak da uzorci sa dodatkom niže doze povrća imaju značajno manji stepen sinerezisa i da s toga bolje održavaju svežinu sredine.

Tabela 12 Mixolab parametri pšeničnog testa sa dodatkom melase i praha OD voća i povrća.

Parametar	Vrste hleba										
	Kontrolni	sa melasom		sa OD jabukom u prahu		sa OD šljivom u prahu		sa OD mrkvom u prahu		sa OD crvenim kupusom u prahu	
Doza dodatka	0%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Apsorpcija vode, %	57±0.1 <sup>f</sup>	50.8±0.3 <sup>b</sup>	46±0.7 <sup>a</sup>	55±0.2 <sup>d</sup>	54±0.3 <sup>c,d</sup>	55±0.2 <sup>d</sup>	53.6±0.4 <sup>c</sup>	55±0.5 <sup>d</sup>	53.8±0.3 <sup>c</sup>	56.1±0.4 <sup>e,f</sup>	55.2±0.2 <sup>d,e</sup>
Razvoj testa, min	2.02±0.50 <sup>a</sup>	7.38±0.60 <sup>b,c</sup>	5.40±0.6 <sup>b</sup>	3.50±1.49 <sup>a,b</sup>	4.53±1.40 <sup>a,b</sup>	4.52±1.31 <sup>a,b</sup>	7.25±1.30 <sup>b,c</sup>	8.30±0.80 <sup>c</sup>	9.03±0.82 <sup>c</sup>	6.25±1.00 <sup>b,c</sup>	6.75±1.50 <sup>b,c</sup>
Stabilnost, min	10.67±0.33 <sup>b,c,d</sup>	11.42±0.40 <sup>c,d</sup>	11.75±0.57 <sup>d</sup>	8.48±0.51 <sup>a</sup>	7.87±0.65 <sup>a</sup>	7.20±0.83 <sup>a</sup>	8.02±0.85 <sup>a</sup>	9.52±0.36 <sup>b</sup>	10.03±0.51 <sup>b,c</sup>	6.93±0.70 <sup>a</sup>	7.23±0.77 <sup>a</sup>
Amplituda, Nm	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>a,b</sup>	0.08±0.01 <sup>a,b</sup>	0.08±0.03 <sup>a,b</sup>	0.08±0.01 <sup>a,b</sup>	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>a,b</sup>	0.06±0.00 <sup>a,b</sup>	0.06±0.00 <sup>a,b</sup>	0.06±0.00 <sup>a,b</sup>
C1, Nm	1.09±0.01 <sup>a,b</sup>	1.1±0.04 <sup>a,b</sup>	1.1±0.00 <sup>a,b</sup>	1.1±0.01 <sup>a,b</sup>	1.04±0.01 <sup>a</sup>	1.10±0.05 <sup>a,b</sup>	1.08±0.00 <sup>a,b</sup>	1.09±0.01 <sup>a,b</sup>	1.09±0.03 <sup>a,b</sup>	1.1±0.05 <sup>a,b</sup>	1.14±0.01 <sup>b</sup>
C2, Nm	0.53±0.01 <sup>g</sup>	0.49±0.01 <sup>f</sup>	0.46±0.01 <sup>e</sup>	0.33±0.01 <sup>c</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>	0.34±0.01 <sup>c</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>d</sup>	0.40±0.01 <sup>d</sup>	0.31±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.00 <sup>a</sup>
C3, Nm	2.05±0.03 <sup>d</sup>	1.89±0.04 <sup>c</sup>	1.84±0.05 <sup>b,c</sup>	1.84±0.05 <sup>a,b,c</sup>	1.86±0.06 <sup>b,c</sup>	1.79±0.04 <sup>a,b,c</sup>	1.86±0.04 <sup>b,c</sup>	1.75±0.05 <sup>a,b</sup>	1.79±0.07 <sup>a,b,c</sup>	1.71±0.04 <sup>a</sup>	1.73±0.05 <sup>a</sup>
C4, Nm	1.72±0.05 <sup>b,c</sup>	1.62±0.02 <sup>a,b</sup>	1.68±0.03 <sup>a,b,c</sup>	1.69±0.03 <sup>a,b</sup>	1.79±0.05 <sup>c</sup>	1.63±0.03 <sup>a,b</sup>	1.77±0.03 <sup>b,c</sup>	1.59±0.06 <sup>a</sup>	1.65±0.05 <sup>a,b</sup>	1.63±0.04 <sup>a,b</sup>	1.68±0.02 <sup>a,b,c</sup>
C5, Nm	2.31±0.10 <sup>a,b</sup>	2.15±0.15 <sup>a,b</sup>	2.24±0.11 <sup>a,b</sup>	2.3±0.11 <sup>a,b</sup>	2.51±0.20 <sup>b</sup>	2.15±0.07 <sup>a,b</sup>	2.49±0.06 <sup>b</sup>	2.05±0.10 <sup>a</sup>	2.19±0.09 <sup>a,b</sup>	2.11±0.07 <sup>a</sup>	2.41±0.06 <sup>a,b</sup>
C1-C2, Nm	0.56±0.00 <sup>a</sup>	0.61±0.03 <sup>a,b</sup>	0.64±0.01 <sup>b,c</sup>	0.77±0.02 <sup>d,e</sup>	0.79±0.00 <sup>e</sup>	0.76±0.04 <sup>d,e</sup>	0.81±0.01 <sup>e</sup>	0.67±0.02 <sup>d</sup>	0.69±0.00 <sup>b,c</sup>	0.74±0.05 <sup>c,d</sup>	0.88±0.01 <sup>e</sup>
C3-C2, Nm	1.52±0.02 <sup>c,d</sup>	1.40±0.03 <sup>a,b</sup>	1.38±0.04 <sup>a,b</sup>	1.51±0.05 <sup>b,c</sup>	1.61±0.05 <sup>d</sup>	1.45±0.03 <sup>b,c</sup>	1.59±0.03 <sup>c,d</sup>	1.33±0.04 <sup>a</sup>	1.39±0.07 <sup>a,b</sup>	1.40±0.02 <sup>a,b</sup>	1.47±0.03 <sup>b,c,d</sup>
C3-C4, Nm	0.33±0.02 <sup>d</sup>	0.27±0.02 <sup>c</sup>	0.16±0.02 <sup>b</sup>	0.15±0.02 <sup>a,b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.02 <sup>b</sup>	0.08±0.03 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>
C5-C4, Nm	0.59±0.06 <sup>a</sup>	0.53±0.13 <sup>a,b</sup>	0.56±0.08 <sup>a,b</sup>	0.61±0.08 <sup>a,b</sup>	0.72±0.15 <sup>b</sup>	0.52±0.04 <sup>a,b</sup>	0.72±0.05 <sup>b</sup>	0.46±0.04 <sup>a</sup>	0.54±0.04 <sup>a,b</sup>	0.48±0.03 <sup>a</sup>	0.73±0.04 <sup>b</sup>
α, Nm/min	-0.09±0.00 <sup>a,b</sup>	0.01±0.00 <sup>a,b</sup>	-0.12±0.06 <sup>c</sup>	-0.08±0.00 <sup>a,b</sup>	-0.11±0.00 <sup>a</sup>	-0.06±0.01 <sup>b</sup>	-0.07±0.00 <sup>a,b</sup>	-0.08±0.00 <sup>a,b</sup>	-0.08±0.00 <sup>a,b</sup>	-0.08±0.01 <sup>a,b</sup>	-0.07±0.00 <sup>a,b</sup>
β, Nm/min	0.46±0.10 <sup>b,c</sup>	0.41±0.09 <sup>a,b,c</sup>	0.35±0.09 <sup>a,b,c</sup>	0.41±0.10 <sup>a,b,c</sup>	0.28±0.07 <sup>a,b,c</sup>	0.37±0.07 <sup>a,b,c</sup>	0.33±0.08 <sup>a,b,c</sup>	0.34±0.11 <sup>a,b,c</sup>	0.42±0.04 <sup>a,b,c</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>	0.508±0.07 <sup>c</sup>
γ, Nm/min	-0.06±0.00 <sup>d</sup>	-0.02±0.01 <sup>b</sup>	0.02±0.04 <sup>a</sup>	-0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	-0.03±0.00 <sup>b,c,d</sup>	-0.04±0.00 <sup>b,c,d</sup>	-0.05±0.00 <sup>c,d</sup>	-0.01±0.00 <sup>b</sup>	-0.03±0.01 <sup>b,c</sup>	-0.02±0.01 <sup>b</sup>
Temperatura u C2, °C	52±0.0 <sup>a</sup>	57±0.8 <sup>d</sup>	61±1.0 <sup>e</sup>	54±0.5 <sup>b</sup>	58±0.5 <sup>d</sup>	56±0.0 <sup>c</sup>	57±0.0 <sup>c,d</sup>	56±0.8 <sup>c</sup>	60±0.0 <sup>e</sup>	56±0.0 <sup>c</sup>	59±0.0 <sup>d</sup>
Temperatura u C3, °C	79±0.0 <sup>a</sup>	81±1.0 <sup>b</sup>	84±0.0 <sup>e</sup>	82±0.5 <sup>c</sup>	84±0.5 <sup>d,e</sup>	80±1.0 <sup>a,b</sup>	84±0.0 <sup>e</sup>	8±0.0 <sup>b</sup>	82±0.5 <sup>c,d</sup>	82±0.5 <sup>b</sup>	81±0.0 <sup>e</sup>

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> Različita slova u superskriptu kod podataka prikazanih u istom redu su oznaka da se sredine statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

---

#### 4.4 SVOJSTVA HLEBA SA DODATKOM OSMOTSKI DEHIDRIRANOG VOĆA/POVRĆA

##### 4.4.1 Hemijski sastavi hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća

Osnovni hemijski sastavi hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća su prikazani u Tabeli 13.

Dodatak osmotski dehidriranog voća i povrća u ispitivanim dozama je značajno uticao na promene ukupnog sadržaja vlage i sadržaja vlage sredine hleba, pri čemu su i vrsta i doza dodataka imali značaj uticaj ( $p < 0.05$ ) na promene ovih parametara. Dodaci su doprineli porastu sadržaja ukupne vlage i vlage sredine hleba u odnosu na kontrolni pri čemu su najveći sadržaji ukupne vlage zabeleženi kod hleba sa dodatkom 30% OD šljive i jabuke. Značajno povišeni sadržaji vlage sredine hleba u poređenju sa kontrolnim zabeleženi su kod svih vrsta i doza dodataka. Dodatak 5 i 10% melase nije uticao na značajan porast sadržaja ukupne vlage i vlage sredine u odnosu na kontrolni hleb.

Dodaci od voća i povrća osmotski dehidriranih u melasi su uticali na porast sadržaja pepela hleba ali su statistički značajne razlike ( $p < 0.05$ ) zabeležene samo kod hleba sa dodatkom melase u svim ispitivanim dozama doze.

Promene sadržaja proteina u hlebu su takođe zavisile od vrste i doze dodatka. Dodaci su uticali u pravcu povećanja sadržaja proteina pri čemu su statistički značajne promene u odnosu na kontrolni hleb bile zabeležene kod uzoraka koji su sadržali OD dodatke od mrkve i crvenog kupusa kao i čiste melase.

Dodatak melase, šljive i 5% OD jabuke nije uticao na statistički značajno povećanje sirovih vlakana hleba ( $p > 0.05$ ) dok su dodaci na bazi mrkve, kupusa i 10% jabuke doprineli značajnom porastu sadržaja sirovih vlakana.

Ispitivani dodaci su uticali na neznatno smanjenje sadržaja masti ali zabeležene vrednosti se nisu statistički značajno razlikovale u odnosu na kontrolni uzorak.

Promene u sadržaju skroba su značajno zavisile od doze dodatka ali ne i od vrste dodatka. Dodaci su signifikantno smanjili sadržaj skroba u odnosu na kontrolni hleb pri čemu je smanjenje bilo veće kod hleba sa 30% dodataka.

Dodaci na bazi melase su, kao što je i očekivano, doprineli porastu sadržaja redukujućih šećera. U većini slučajeva su se ovi porasti značajno razlikovali ( $p < 0.05$ ) u odnosu na kontrolni hleb osim u slučajevima dodavanja nižih doza nekolicine dodataka (melasa, OD šljiva, OD crveni kupus).



Tabela 13 Hemijski sastavi hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća.

Parametar (g/100 g s.m.)	Kontrolni hleb	Specijalni hlebovi obogaćeni dodatkom									
		melase šećerne repe		komadića voća i povrća osmotski dehidriranim u melasi šećerne repe							
				Jabuka		Šljiva		Mrkva		Crveni kupus	
Doza	-	5%	10%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%
Sadržaj ukupne vlage	32.78±0.51 <sup>a,b</sup>	32.35±0.67 <sup>a</sup>	32.74±0.92 <sup>a</sup>	34.65±0.89 <sup>b,c</sup>	37.65±0.92 <sup>d,e</sup>	35.51±0.43 <sup>c,d</sup>	38.59±0.58 <sup>e</sup>	33.4±0.62 <sup>a,b,c</sup>	33.9±0.53 <sup>a,b,c</sup>	33.61±1.15 <sup>a,b,c</sup>	34.21±0.98 <sup>a,b,c</sup>
Sadržaj vlage sredine hleba	40.47±1.57 <sup>a</sup>	42.92±0.67 <sup>a,b,c</sup>	41.63±0.19 <sup>a,b</sup>	44.04±0.71 <sup>c</sup>	44.78±0.75 <sup>c</sup>	44.95±0.67 <sup>c</sup>	45.60±0.23 <sup>c</sup>	43.00±0.54 <sup>a,b,c</sup>	44.30±0.33 <sup>c</sup>	43.8±0.25 <sup>b,c</sup>	44.6±0.41 <sup>c</sup>
Sadržaj pepela	1.41±0.18 <sup>a</sup>	1.92±0.14 <sup>b,c</sup>	2.04±0.14 <sup>c</sup>	1.48±0.22 <sup>a,b</sup>	1.65±0.15 <sup>a,b,c</sup>	1.52±0.11 <sup>a,b</sup>	1.62±0.12 <sup>a,b,c</sup>	1.58±0.19 <sup>a,b,c</sup>	1.76±0.21 <sup>a,b,c</sup>	1.64±0.17 <sup>a,b,c</sup>	1.85±0.15 <sup>a,b,c</sup>
Sadržaj proteina	12.39±0.07 <sup>a</sup>	13.15±0.14 <sup>b</sup>	13.18±0.14 <sup>b</sup>	12.44±0.20 <sup>a</sup>	12.19±0.26 <sup>a</sup>	12.96±0.12 <sup>b</sup>	12.39±0.15 <sup>a</sup>	13.38±0.17 <sup>b</sup>	13.23±0.28 <sup>b</sup>	14.24±0.18 <sup>c</sup>	13.98±0.24 <sup>c</sup>
Sadržaj sirovih vlakana	1.00±0.05 <sup>a</sup>	0.99±0.02 <sup>a</sup>	1.01±0.01 <sup>a,b</sup>	1.09±0.07 <sup>a,b,c,d</sup>	1.24±0.09 <sup>d,e</sup>	1.05±0.03 <sup>a,b,c</sup>	1.08±0.05 <sup>a,b,c</sup>	1.16±0.07 <sup>b,c,d</sup>	1.42±0.06 <sup>f</sup>	1.20±0.04 <sup>c,d</sup>	1.36±0.05 <sup>e,f</sup>
Sadržaj masti	3.44±0.18 <sup>a</sup>	3.34±0.11 <sup>a</sup>	3.22±0.01 <sup>a</sup>	3.40±0.11 <sup>a</sup>	3.38±0.05 <sup>a</sup>	3.35±0.07 <sup>a</sup>	3.42±0.05 <sup>a</sup>	3.32±0.06 <sup>a</sup>	3.42±0.09 <sup>a</sup>	3.39±0.12 <sup>a</sup>	3.38±0.15 <sup>a</sup>
Sadržaj skroba	71.73±0.78 <sup>a</sup>	67.55±1.45 <sup>b,c,d</sup>	64.96±1.62 <sup>b,c,d,e</sup>	67.88±1.0 <sup>b,c</sup>	64.26±0.92 <sup>d,e</sup>	69.82±0.73 <sup>a,b</sup>	64.39±1.37 <sup>c,d,e</sup>	67.7±0.92 <sup>b,c,d</sup>	63.2±1.36 <sup>e</sup>	68.76±1.20 <sup>a,b</sup>	63.06±1.53 <sup>e</sup>
Sadržaj uk. redukujućih šećera	8.63±0.17 <sup>a</sup>	9.02±0.25 <sup>a,b</sup>	11.44±0.60 <sup>d,e</sup>	13.01±1.0 <sup>e</sup>	16.26±1.0 <sup>g</sup>	9.41±0.40 <sup>a,b,c</sup>	10.41±0.64 <sup>b,c</sup>	13.06±0.50 <sup>e,f</sup>	13.79±0.71 <sup>f</sup>	9.53±0.32 <sup>a,b,c</sup>	11.00±0.34 <sup>c,d</sup>

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> Različita slova u superskriptu kod podataka prikazanih u istom redu su oznaka da se sredine statistički značajno razlikuju (p<0.05).

#### 4.4.2 Mineralni sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća

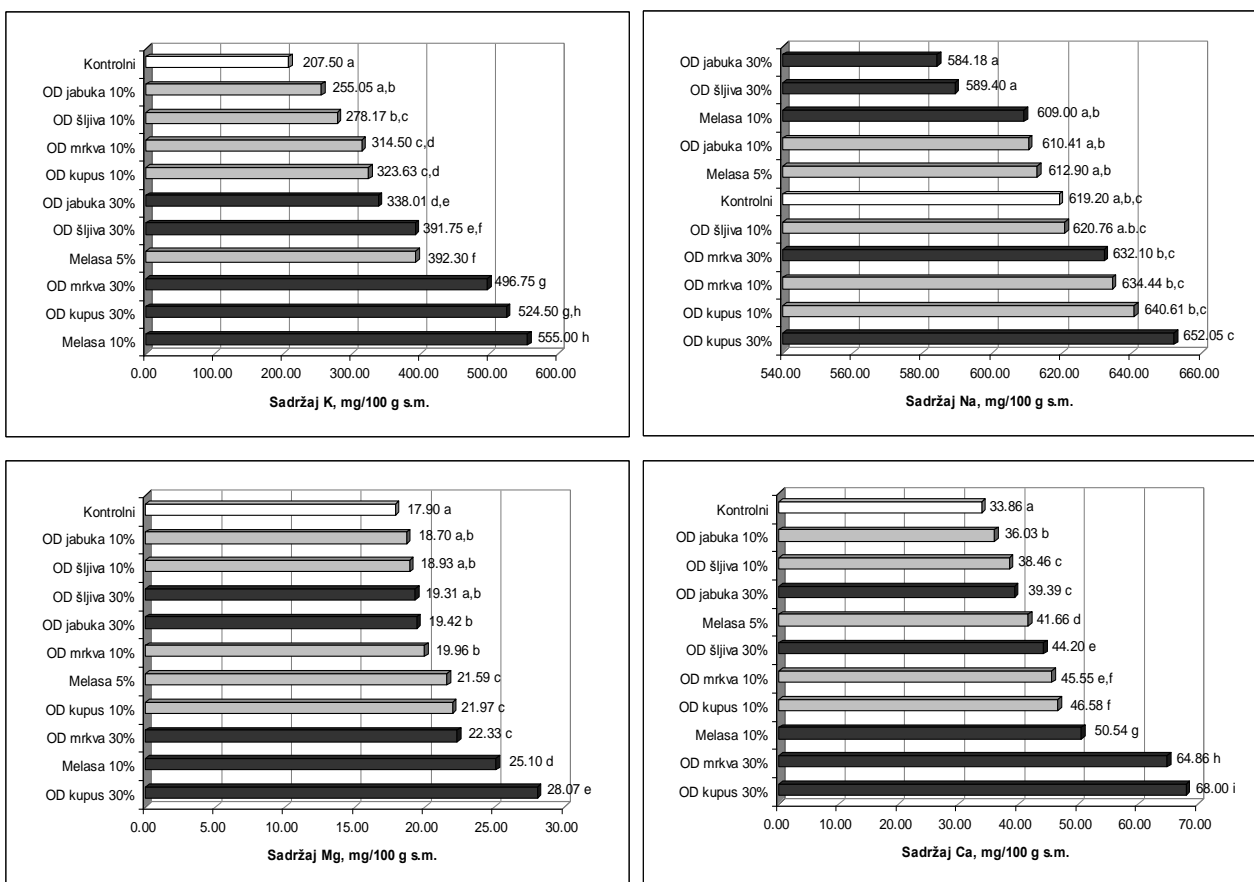
Veoma bogat mineralni sastav melase šećerne repe je uticao na značajno povećanje sadržaja mineralnih materija, naročito K, Mg i Ca u hlebovima koji su sadržali melasu ili OD voće/povrće (Slika 6). U slučaju sva tri elementa je zabeležen statistički značajan uticaj i vrste i doze dodatka na njihovo povećanje u hlebu ( $p < 0.05$ ).

Sadržaj kalijuma u kontrolnom hlebu je bio 207.50 mg/ 100 g s.m. Najveći porast sadržaja kalijuma pri dodatku nižih doza je zabeležen kod hleba sa dodatkom 5% melase (89.1%), dok je kod hleba sa dodatkom viših doza najveći porast sadržaja kalijuma zabeležen za formulacije sa 30% OD crvenog kupusa (152.8%) i 10% melase (167.5%). Najmanji porast u sadržaju kalijuma je zabeležen u hlebu sa dodatkom 10% OD jabuke i iznosio je oko 23.0%.

U kontrolnom hlebu je zabeležen sadržaj magnezijuma od 17.9 mg/100 g s.m. Niže doze suplemenata na bazi melase su doprinele povišenju sadržaja magnezijuma u odnosu na kontrolni hleb za 4.5-22.7% dok su više doze dodataka doprinele većem procentu povećanja sadržaja magnezijuma koji se kretao u rasponu od 7.9-56.8%. Zapaženo je da su dodaci na bazi jabuke i šljive manje doprinosili povećanju sadržaja magnezijuma u hlebu u toj meri da pri nižim dozama nije ni zabeleženo signifikantno povećanje ( $p > 0.05$ ).

Sadržaj kalcijuma u kontrolnom hlebu je iznosio 33.86 mg/100 g s.m. Dodaci su uticali na značajan porast sadržaja kalijuma u odnosu na kontrolni hleb, pri čemu su voćni dodaci i 5% melase u hlebu doprineli povećanju sadržaja kalcijuma u rasponu 6.4-30.5% dok su dodaci od povrća i 10% melase povećali sadržaj kalcijuma od 34.5% (10% OD mrkva) do 100% (30% OD kupus).

U slučaju natrijuma, ispostavilo se da je vrsta dodatka imala značajan uticaj na promene u sadržaju Na dok uticaj doze dodatka nije bio značajan. U kontrolnom hlebu je određeno 619.2 mg/100 g s.m. Dodaci koji su sadržali OD voće i čistu melasu su imali niži sadržaj Na u odnosu na kontrolni ali ovo smanjenje nije bilo statistički značajno ( $p > 0.05$ ). Za razliku od voćnih dodataka, dodaci na bazi OD povrća su uticali na statistički značajno povećanje u sadržaju natrijuma koje se kretalo u rasponu od 2.1% (30% OD mrkva) do 5.3% (30% OD kupus).



a,b,c,d,e,f,g,h,i Različita slova u nastavku brojnih vrednosti svakog od stubaca označavaju da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

Slika 6 Mineralni sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća

#### 4.4.3 Antioksidacioni potencijal hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća

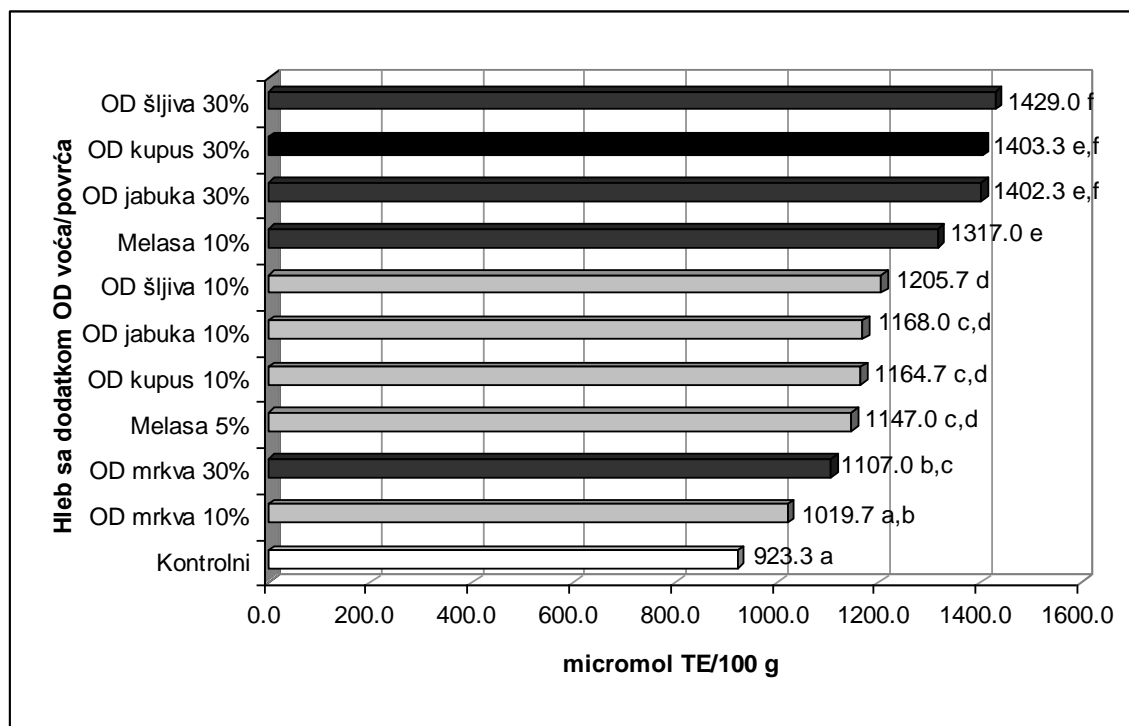
Antioksidacioni potencijal specijalnih hlebova je ispitivan koristeći stabilni radikal DPPH $\cdot$  kao sredstvo detekcije. Antioksidacioni potencijal kontrolnog hleba je iznosio 923.33  $\mu\text{molTE}/100\text{ g}$ . Miller, Rigelhof, Marquart, Prakash i Kanter (2000) su objavili da je antioksidaciona aktivnost belog hleba iznosila 1200  $\mu\text{molTE}/100\text{ g}$ . Podaci iz drugih studija ukazuju da beli hleb pokazuje određeni stepen antioksidacione aktivnosti tj. njegova sposobnost da neutrališe DPPH $\cdot$  slobodni radikal kreće se uglavnom u rasponu 5-15% (Fan, Zhang, Yu & Ma, 2006; Hsu, Hurang, Cheng, Weng & Tseng, 2004). Hlebovi od celog zrna pšenice kao i oni obogaćeni prerađevinama drugih žita i/ili kultura (brašno jama, sušene kineske gljive, ekstrakt zelenog čaja, itd.) uglavnom pokazuju

---

povećanje antioksidacionog potencijala. Antioksidaciona aktivnost u belom hlebu se objašnjava prisustvom produkata Maillardove reakcije za koje je pokazano da poseduju značajnu sposobnost neutralisanja slobodnih radikala (Fan, Zhang, Yu & Ma, 2006; Hsu, Hurang, Cheng, Weng & Tseng, 2004; Wagner, Derkits, Herr, Schuh & Elmadfa, 2002).

Dodaci na bazi osmotski dehidriranog voća i povrća u melasi šećerne repe u primenjenim dozama su uticali na povećanje antioksidacionog potencijala hleba u rasponu od 10.4% (hleb sa 10% OD mrkve) do 54.8% (hleb sa 30% OD šljive) u odnosu na kontrolni. Na promenu antioksidacionog potencijala statistički značajno su uticali i vrsta i doza dodatka. Veće doze dodataka su doprinele većem povećanju antioksidacionog potencijala hleba pri čemu su šljiva, jabuka i crveni kupus imali bolji efekat u odnosu na mrkvu. Dodatak 5% i 10% melase su takođe uticali na značajno povećanje antioksidacionog potencijala u odnosu na kontrolni hleb i to za 24.2% tj. 42.6% za donju i gornju primenjenu dozu, respektivno.

Ovakav uticaj na antioksidacioni potencijal hleba je posledica pre svega, prisustva jedinjenja koja su nosioci antioksidacione aktivnosti u samim sirovinama. Poznato je da su šljive, crveni kupus i jabuke bogat izvor ovakvih materija (flavonoidi, fenolne kiseline, antocijani) (Tomas-Barberan, Gill, Cremin, Waterhouse, Hess-Pierce & Kader, 2001; Boyer & Liu, 2004) dok je za mrkvu karakteristična relativno niska antioksidaciona aktivnost (Miller, Rigelhof, Marquart, Prakash i Kanter, 2001). Brojne studije potvrđuju da melasa sadrži brojna jedinjenja sa antioksidacionim delovanjem koja delom potiču iz same biljke (repa ili trska) a delom se generišu u samom procesu proizvodnje (melanoidini, anhidridi šećera, itd.) (Maestro-Durán, Borja, Jiménez & León, 1996; Šušić & Sinobad, 1989; Clarke, Blanco, Godshall & To, 1985; Curtin, 1983). Melasa se smatra biljnim izvorom betaina koji zajedno sa holinom pokazuje značajnu antioksidacionu aktivnost i ima funkciju u odbrambenom mehanizmu organizma protiv oksidacionog stresa.

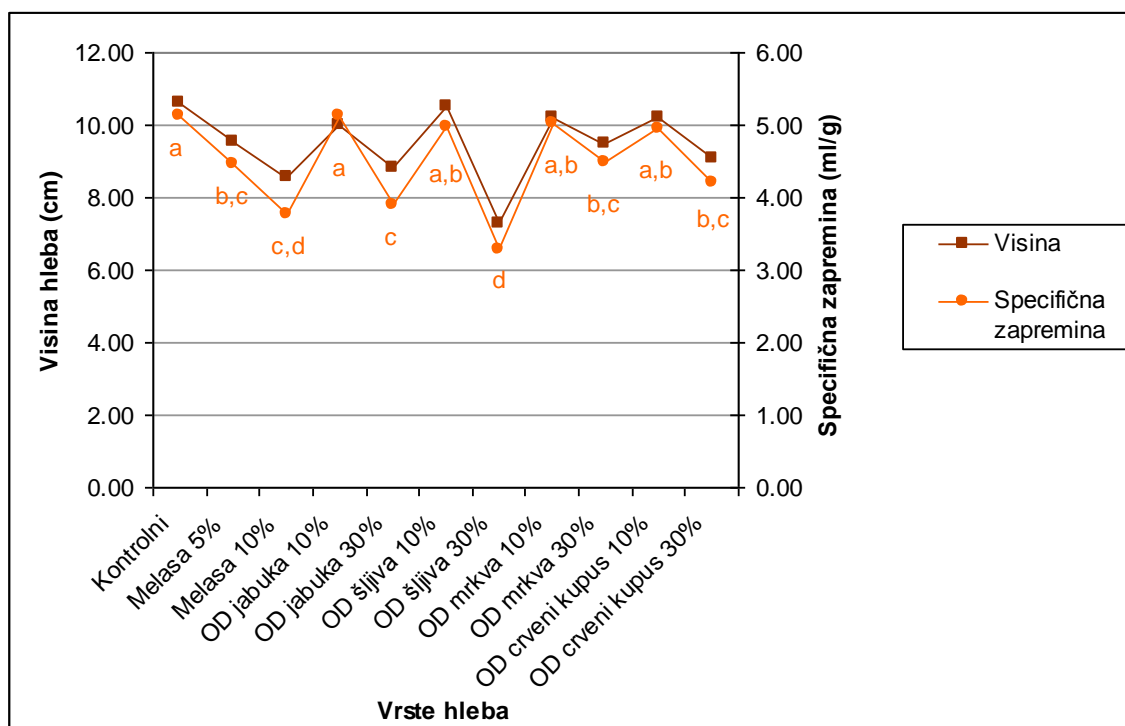


a,b,c,d,e,f Različita slova u nastavku brojnih vrednosti svakog od stubaca označavaju da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

Slika 7 Antioksidacioni potencijal hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća i melase

#### 4.4.4 Fizička, teksturna i senzorska svojstva hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća

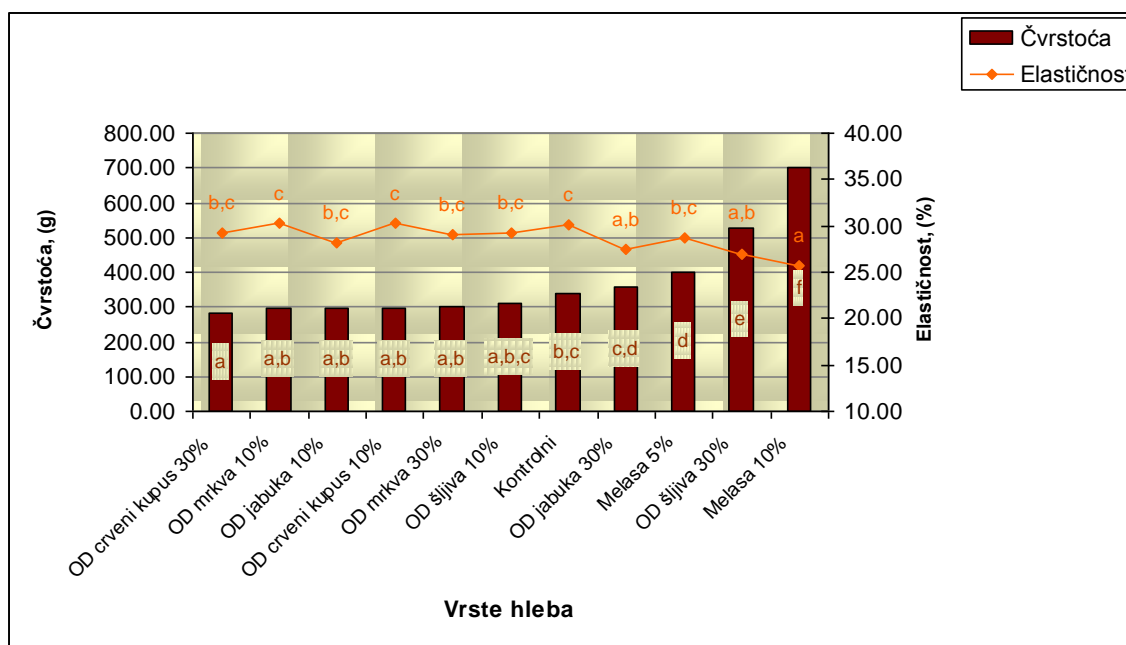
Zapremina hleba se smatra jednim od najbitnijih atributa koji određuju kvalitet hleba, naročito sa stanovišta potrošača. Ispitivani dodaci su imali uticaj na visinu i zapreminu hleba. Sa dijagrama na Slici 8 se može uočiti da niže doze dodataka, osim melase nemaju značajan uticaj na smanjenje visine i specifične zapremine dok više doze imaju uticaj, pri čemu je najveće smanjenje zapremine i visine hleba uočeno kod hleba sa dodatkom 30% OD šljive.



<sup>a,b,c,d</sup> Različita slova pridružena tačkama na dijagramu označavaju da se vrednosti parametara statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

*Slika 8 Uticaj dodatka OD voća/povrća na promenu specifične zapremine i visine hleba*

Na Slici 9 je prikazan uticaj dodatka na čvrstoću i elastičnost sredine hleba. Po čvrstoći sredine hleba, od kontrolnog uzorka statistički se značajno razlikuju hleb sa 30% crvenog kupusa koji je mekši od kontrolnog i hlebovi sa dodatkom melase u svim ispitivanim dozama i 30% OD jabuke i šljive koji se karakterišu čvršćom sredinom. Upravo među ovim uzorcima (30% OD jabuka i šljiva, melasa 10%) se nalaze oni koji pokazuju značajno lošija svojstva elastičnosti sredine od kontrolnog hleba. Ostali uzorci ne pokazuju statistički značajno odstupanje od kontrolnog hleba u odnosu na elastičnost sredine.



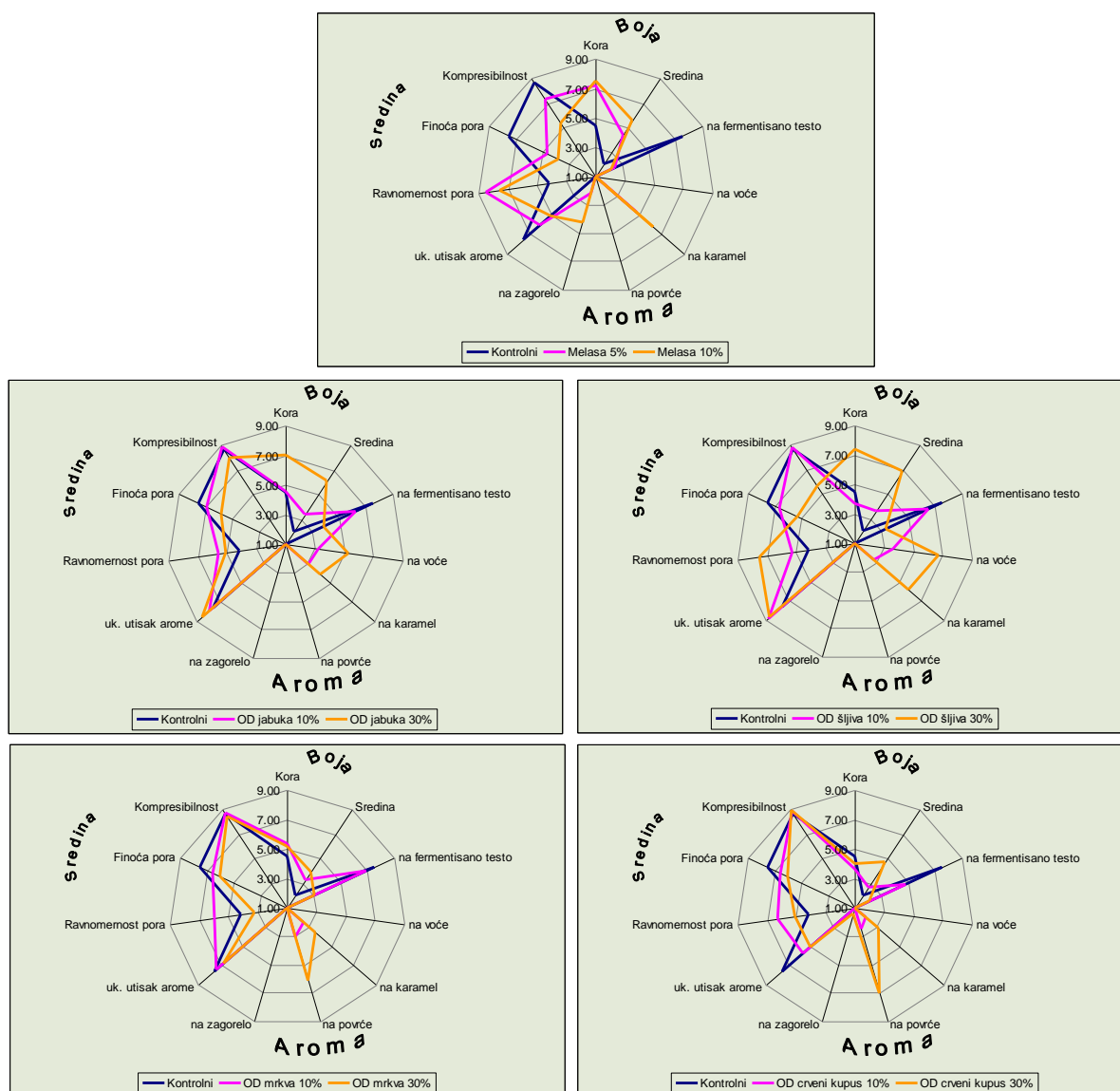
a,b,c,d,e,f Različita slova pridružena tačkama i stupcima na dijagramu označavaju da se srednje vrednosti parametara statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

Slika 9 Uticaj dodatka na teksturna svojstva sredine hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća

Na Slici 10 je prikazan senzorni profil hlebova sa dodatkom komadića osmotski dehidriranog voća i povrća u melasi u poređenju sa kontrolnim hlebom i hlebom sa dodatkom melase. Vizuelnim ocenjivanjem boje kore i sredine hleba je ustanovljeno da dodaci deluju u pravcu potamnjenja kore i sredine (videti u Prilogu). Tamnjenje sredine manje izraženo u poređenju sa hlebom pripremljenim sa dodatkom melase osim u slučaju hleba sa dodatkom 30% jabuke i šljive čija je sredina vizuelno ocenjena kao najtamnija. Pomenuti uzorci kao i uzorci hleba sa dodatkom melase u svim ispitivanim dozama su imali najtamniju boju kore. Dodaci su uticali na promenu arome hleba u pravcu smanjenja arome na pšenični hleb i povećanju arome na karamel i odgovarajuće voće/povrće. U hlebovima sa dodatkom komada OD voća i povrća nije registrovan ukus na gorko. Hlebovi sa dodatkom OD jabuke i šljive u svim ispitivanim dozama su ocenjeni najvišim ocenama za ukupan utisak arome, a od kontrolnog hleba se nisu značajno razlikovali hlebovi sa 10 i 30% mrkve i sa dodatkom 10% jabuke.

Senzorska ocena kvaliteta sredine hleba je praćena pomoću tri pokazatelja: ravnomernost pora, finoća pora i kompresibilnost sredine. Dodaci su delovali uglavnom u pravcu povećanja

ravnomernosti pora sredine i smanjenja finoće pora koje je bilo neznatno izraženo u slučaju nižih doza dodataka. Niže doze dodataka se nisu negativno odrazile na kompresibilnost uzorka a kod uzoraka sa dodatkom povrća ni veće doze nisu uticale na povećanje ovog parametra. Zanimljivo je da su hlebovi sa OD kupusom i 10% mrkvom čak imali bolju kompresibilnost od kontrolnog hleba. Od hlebova sa dodatkom voća i povrća, najizraženije povećanje kompresibilnosti sredine je registrovano kod hleba sa dodatkom 30% OD šljive i bilo je ocenjeno slično hlebu sa 10% melase.



Slika 10 Senzorski profil hleba sa osmotski dehidriranim voćem i povrćem

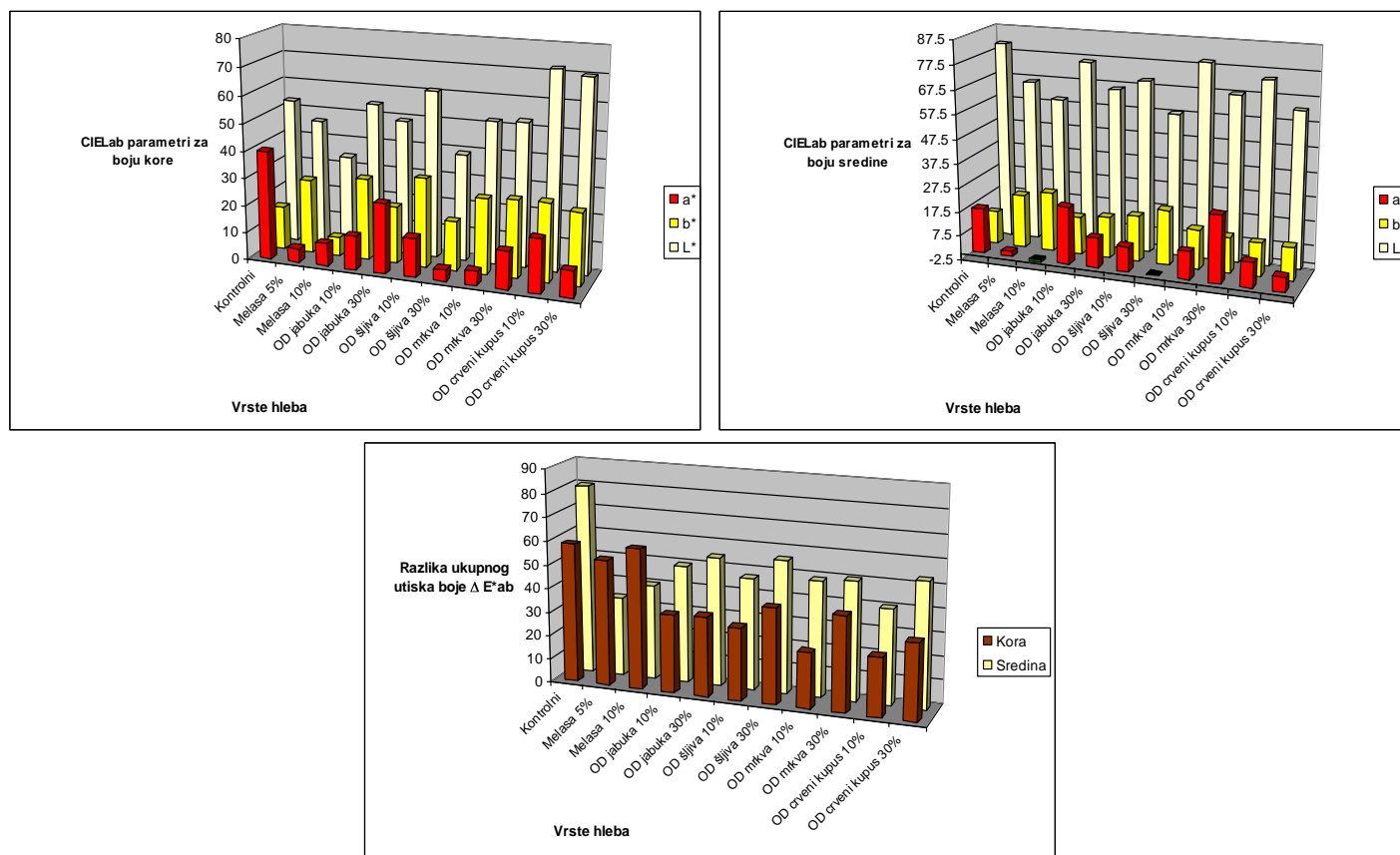


#### 4.4.5 Boja hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća

Učešće pojedinih tonova boje i svetloća sredine i kore hleba može se posmatrati pomoću vrednosti  $a^*$ ,  $b^*$  i  $L^*$  određenih na tristimulusnom fotokolorimetru. Dodatak 30% svežih komada OD voća je uticalo na smanjenje svetloće kore ( $L^*$ ) (Slika 11) u odnosu na kontrolni hleb dok dodatak OD povrća i nižih doza voća nije smanjivao svetloću kore hleba. Svetloća sredine hleba se smanjivala sa dodatkom melase i OD voća i povrća ali je smanjenje bilo manje izraženo u odnosu na hlebove sa dodatkom praškastih OD dodataka. Dodatak OD povrća i nižih doza melase i voća je povećavao učešće žutog tona u boji kore u odnosu na kontrolni hleb. Za crveni ton kore je karakteristično da su dodaci smanjivali njegovo učešće, pri čemu je smanjenje bilo najmanje kod uzoraka sa dodatkom 30% OD jabuke i 10% OD crvenog kupusa. Bez obzira na vrstu i dozu dodataka, poraslo je učešće žutog tona sredine hleba u odnosu na kontrolni. Učešće crvenog tona je bilo malo i uglavnom se smanjivalo sa dodacima osim u slučaju hleba sa dodatkom 10% OD jabuke i 30% OD mrkve koji su imali neznatno povišene vrednosti ovog parametra u odnosu na kontrolni hleb.

Uopšteno, dodaci nisu jednoznačno smanjivali svetloću kore dok je sredina postajala tamnija u odnosu na sredinu kontrolnog pri čemu su ove promene bile daleko manje izražene nego kod hleba sa dodatkom praškastih sastojaka. Hlebovi sa dodacima su uglavnom imali povećano učešće žutog tona u kori i sredini dok je učešće crvenog tona kod većine hlebova bilo malo i nije mogao da se zaključi trend variranja.

Boje sredina su bile dobro izražene dok su boje kora bile manje izražene u odnosu na hlebove sa dodatkom praškastih OD sastojaka ( $\Delta E^*_{ab}$  parametar).



Slika 11 Instrumentalna merila boje (CIE Lab) kore i sredine specijalnih vrsta hleba

#### 4.5 SVOJSTVA HLEBA SA DODATKOM OSMOTSKI DEHIDRIRANOG VOĆA I POVRĆA U PRAHU

##### 4.5.1 Hemijski sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu

Određen je hemijski sastav hlebova pripremljenih sa dodatkom osušenog i spraćenog OD voća i povrća u dve doze (5 i 10% računato na brašno) (Tab. 14).

Dodaci u ispitivanim dozama su uticali na ukupan sadržaj vlage i sadržaj vlage sredine hleba. Hleb sa dodatkom praha OD šljive je imao najveći sadržaj ukupne vlage i vlage sredine hleba što je i u skladu sa činjenicom da je OD prah šljive imao značajno viši sadržaj vlage u odnosu na

---

ostale uzorke. Statistički značajna razlika u sadržaju ukupne vlage je utvrđena između kontrolnog uzorka, hleba sa melasom (5 i 10%) kao i hleba sa 10% OD šljive. U pogledu parametra vlage sredine hleba, signifikantne razlike su utvrđene između kontrolnog hleba i hleba sa OD šljivom u svim ispitivanim dozama.

Sadržaj pepela u kontrolnom belom hlebu je bio 1.41% s.m. i zapažen je njegov postepen porast među hlebovima koji su pripremljeni sa dodatkom melase i OD voća/povrća. Najviši sadržaj sadržaj pepela je određen kod hleba sa dodatkom melase, OD mrkve, crvenog kupusa i šljive pri dozi 10%. Povećanje sadržaja pepela je posledica povišenog sadržaja mineralnih materija u melasi i OD voću/povrću.

Sadržaj proteina u kontrolnom hlebu je iznosio 12.39% s.m. Dodatak praha OD jabuke i šljive nije značajno uticao na povećanje sadržaja proteina u odnosu na kontrolni hleb što se može objasniti činjenicom da ovo voće ni ne predstavlja izvor proteina. Za razliku od voća, povrće sadrži više proteina. S obzirom da je tretirano povrće dodavano u hleb u koncentrovanom obliku (osušeno kao prah sa neznatno manje od 3% vlage), njihov dodatak je uticao na značajan porast sadržaja proteina u hlebu.

Sadržaj sirovih vlakana u kontrolnom hlebu je iznosio 1.00% s.m. Dodatak čiste melase i OD šljive u svim ispitivanim dozama kao i niže doze OD jabuke nije imao značajan uticaj na sadržaj sirovih vlakana u odnosu na kontrolni uzorak. Značajnom povećanju sadržaju sirovih vlakana doprineo je dodatak 10% OD jabuka (1.18% s.m.) kao i 5% i 10% OD mrkve odn. crvenog kupusa (1.12, 1.24, 1.18 i 1.36% s.m., respektivno). Uticaj dodataka na sadržaj sirovih vlakana je posledica njihovog višeg sadržaja u povrću nego u voću i činjenice da melasa ne sadrži vlakna.

Sadržaj masti hlebova se nije značajno razlikovao.

Kod kontrolnog hleba je određen najviši sadržaj skroba (71.73% s.m) a dodaci na bazi melase i OD povrća/voća su doprineli postepenom i značajnom smanjenju sadržaja skroba što je posledica njegovog razređenja u testu.

Značajno povišenje sadržaja redukujućih šećera je utvrđeno kod većine hlebova sa 10% dodataka što se uglavnom može smatrati doprinosom melase jer su hlebovi sa OD voćem/povrćem imali sličan sadržaj redukujućih šećera kao i hleb sa melasom.

Tabela 14 Hemijski sastavi hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu

Parametar (g/100 g s.m.)	Kontrolni hleb	Specijalni hlebovi obogaćeni dodatkom									
		melase šećerne repe		komadića voća i povrća osmotski dehidriranim u melasi šećerne repe							
				Jabuka		Šljiva		Mrkva		Crveni kupus	
Doza	-	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Sadržaj ukupne vlage	32.78±0.51 a,b	32.35±0.67 a	32.74±0.92 a	33.14±0.34 a,b,c	33.62±0.62 a,b,c	33.08±0.77 a,b,c	34.75±0.42 c	33.36±0.64 a,b,c	33.35±0.62 a,b,c	34.06±0.61 a,b,c	34.60±0.66 c
Sadržaj vlage sredine hleba	40.47±1.57a	42.92±0.67 a,b,c	41.63±0.19 a,b	43.20±0.64 a,b,c	43.49±1.06 a,b,c	44.82±0.74 b,c	44.96±0.37 c	43.29±0.54 a,b,c	43.04±0.89 a,b,c	43.23±0.23 a,b,c	43.65±1.10 a,b,c
Sadržaj pepela	1.41±0.18 a	1.92±0.14 b,c,d	2.04±0.14 b,c,d	1.62±0.19 a,b	1.79±0.12 b,c	1.65±0.11 a,b,c	1.92±0.15 b,c,d	1.94±0.15 b,c,d	2.18±0.14 c,d	2.00±0.13 b,c,d	2.32±0.13 d
Sadržaj proteina	12.39±0.07 a,b	13.15±0.14 c	13.18±0.14 c	12.67±0.12 a	12.09±0.17 b	12.14±0.25 a	11.96±0.23 a	13.05±0.27 c	13.19±0.12 c	13.16±0.26 c	13.26±0.26 c
Sadržaj sirovih vlakana	1.00±0.05 a	0.99±0.02 a	1.01±0.01 a,b	1.10±0.05 a,b	1.18±0.03 b,c	1.02±0.04 a,b	1.05±0.01 a,b	1.12±0.04 b	1.24±0.03 c	1.18±0.01 b,c	1.36±0.02 d
Sadržaj masti	3.44±0.18 a	3.34±0.11 a	3.22±0.01 a	3.40±0.14 a	3.34±0.09 a	3.41±0.06 a	3.19±0.09 a	3.41±0.08 a	3.30±0.04 a	3.44±0.04 a	3.28±0.11 a
Sadržaj skroba	71.73±0.78 a	67.55±1.45 b,c	64.96±1.62 c,d	69.14±1.62 a,b	63.68±1.54 d	66.98±1.59 b,c,d	64.18±1.47 c,d	68.89±1.16 b,c	65.34±1.49 c,d	66.77±1.52 b,c,d	64.96±1.53 c,d
Sadržaj uk. redukujućih šećera	8.63±0.17a,b	9.02±0.25 a,b,c	11.44±0.60 c,d	9.13±0.55 a,b,c	11.89±0.25 d	10.12±0.22 a,b,c,d	10.42±0.08 a,b,c,d	8.34±0.44 a,b	11.87±0.19d	7.88±0.41 a	10.62±0.66 b,c,d

<sup>a,b,c,d</sup> Različita slova u superskriptu kod podataka prikazanih u istom redu su oznaka da se sredine statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

#### 4.5.2 Mineralni sastav hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu

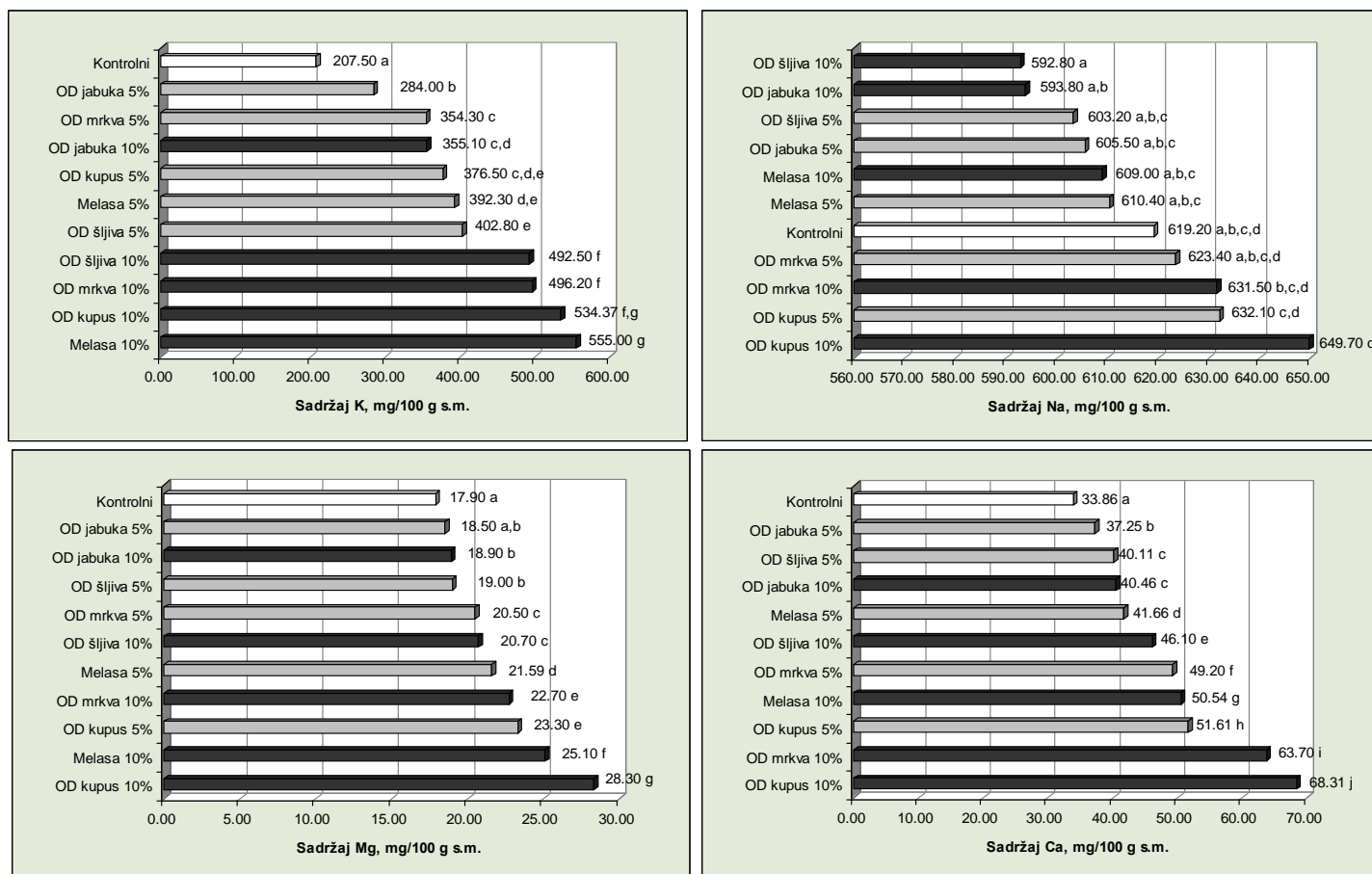
Uključivanje melase i OD voća/povrća u prahu u formulaciju belog hleba je imalo značajan uticaj na promenu mineralnog sastava dobijenih specijalnih hlebova (Slika 12). Utvrđen je značajan porast saržaja kalijuma u odnosu na kontrolni hleb: za nižu primenjenu dozu (5%), porast sadržaja kalijuma je bio u opsegu od 70.7-94.1% za hleb sa prahom OD mrkve i šljive, respektivno, dok je primenom više doze (10%), ovaj porast bio u opsegu 71.1-167.0%, za hleb sa dodatkom praha OD jabuke i 10% melase, respektivno.

Po sadržaju natrijuma, specijalni hlebovi obogaćeni ispitivanim dodacima se nisu signifikantno razlikovali od kontrolnog uzorka (619.20 mg/100 g s.m.). Hlebovi sa dodacima od OD povrća su sadržali veću količinu natrijuma u odnosu na hlebove sa dodatkom OD voća ali su statistički značajne razlike zabeležene samo između uzoraka sa dodatkom 5 i 10% praha OD crvenog kupusa (632.1 i 649.7 mg/100 g s.m., respektivno) i dodatkom 10% praha OD šljive i jabuke (592.8 i 593.8 mg/100 g s.m., respektivno).

Dodaci na bazi melase šećerne repe statistički značajno povećavaju i sadržaj magnezijuma u hlebu u odnosu na kontrolni hleb. Porast sadržaja Mg je bio manje izražen kod hlebova sa dodacima voćnog praha (za 3.4-15.6%). Izraženije povećanje sadržaja Mg (14.5-58.1%) je zapaženo u hlebovima sa dodatkom praha OD povrća i čiste melase. Najveći sadržaj Mg je određen u hlebu sa 10% praha OD crvenog kupusa (28.3 mg/100 s.m.) i 10% melase (25.1 mg/100 g s.m.).

U odnosu na kontrolni hleb, zabeležen je i značajan porast sadržaja kalcijuma. Za hlebove pripremljene sa prahom OD jabuke i šljive, ovaj porast je bio u opsegu 10.0-36.1%. Značajno veći porast sadržaja Ca u hlebu u opsegu 45.3-101.7% je zabeležen dodatkom praha OD povrća dok je dodatak čiste melase povećavao sadržaj kalcijum za 23.0 odn. 49.3% pri dozama 5 i 10%, respektivno.

Dodaci na bazi melase i praha OD voća i povrća u melasi šećerne repe su uticali u pravcu značajnog poboljšanja mineralnog sastava pšeničnog hleba.



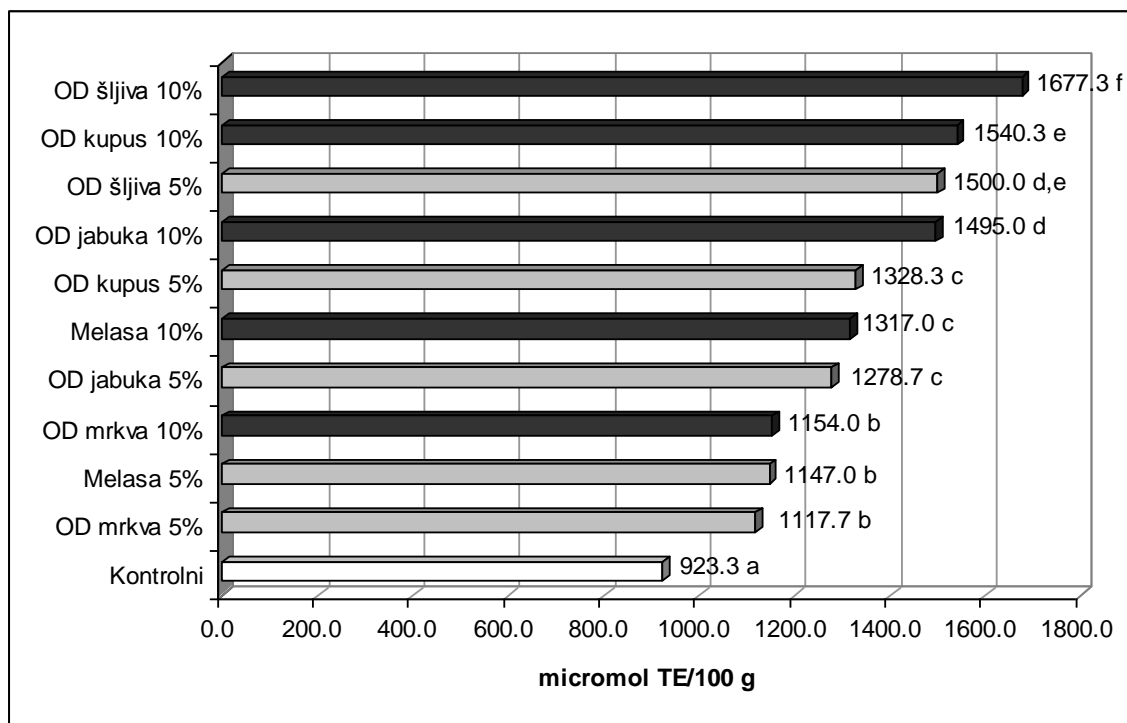
a,b,c,d,e,f,g,h,i,j Različita slova u nastavku brojnih vrednosti svakog od stubaca označavaju da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

Slika 12 Mineralni sastav hleba sa dodatkom praha osmotski dehidriranog voća/povrća

#### 4.5.3 Antioksidacioni potencijal hleba sa dodatkom praha osmotski dehidriranog voća i povrća

Antioksidacioni potencijal hleba, određen pomoću DPPH- stabilnog radikala, prikazan je na Slici 13. U zavisnosti od vrste i doze dodatka, zabeležen je signifikantan porast antioksidacione aktivnosti. Najveći porast antioksidacione aktivnosti (za oko 82%) je zabeležen u hlebu obogaćenim sa 10% praha OD šljive. Visoke vrednosti antioksidacionog potencijala su zabeležene i za formulacije koje su sadržale 5% praha OD šljive i 10% praha OD crvenog kupusa i jabuke. Ovi uzorci su imali za 60-

67% viši antioksidacioni potencijal u odnosu na kontrolni hleb. Najniže povećanje antioksidacionog potencijala je zabeleženo kod uzoraka sa dodatkom praha OD mrkve u obe primenjene doze kao i 5% melase. Antioksidacioni potencijal hleba sa maksimalnom dozom melase je porasla za 43% u odnosu na kontrolni uzorak.



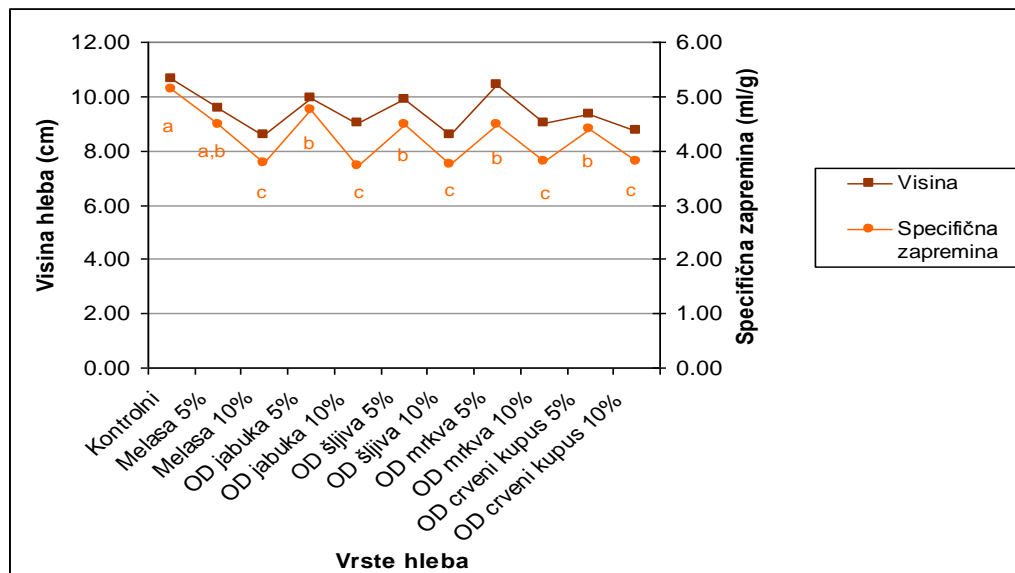
a,b,c,d,e,f Različita slova u nastavku brojnih vrednosti svakog od stubaca označavaju da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

*Slika 13 Antioksidacioni potencijal hleba sa dodatkom praha osmotski dehidriranog voća/povrća i melase*

#### *4.5.4 Fizička, teksturna i senzorska svojstva hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća*

Kao što se vidi sa Slike 14, dodaci su izazvali značajno smanjenje specifične zapremine i visine specijalnih hlebova u odnosu na kontrolni osim za hleb sa dodatkom 5% praha OD jabuke. Zapaženo je da vrsta dodatka nije imala značajan uticaj na variranje ovih pokazatelja dok doza dodatka jeste. Tako, prema varijaciji u specifičnoj zapremini uzorci se raspodeljuju na tri grupe:

kontrolni, hlebove sa 5% dodataka i hlebove sa 10% dodataka. Unutar grupa, kod većine uzoraka ne postoji značajna međusobna varijacija u ovom pokazatelju.

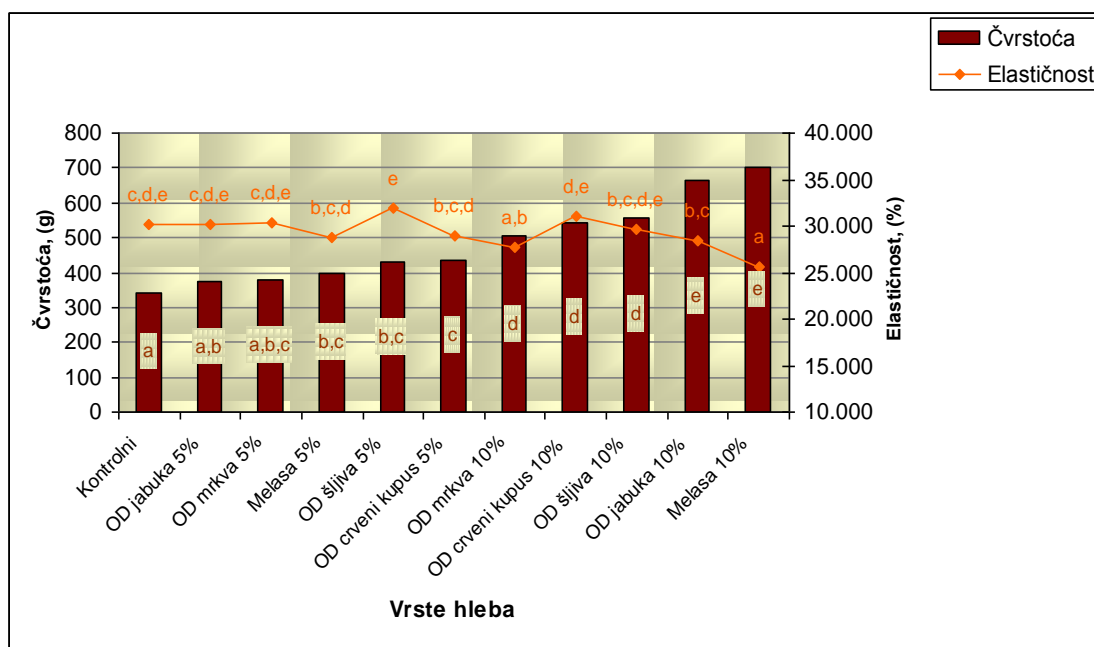


<sup>a,b,c</sup>, Različita slova pridružena tačkama na dijagramu označavaju da se vrednosti parametara statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

*Slika 14 Uticaj dodatka OD voća/povrća u prahu na promenu specifične zapremine i visine hleba*

Povećanjem doze dodataka je došlo i do povećanja čvrstoće sredine hleba (Slika 15). Naime, uočena je statistički značajna razlika u čvrstoći sredine hleba između grupe hleba sa nižom dozom i višom dozom dodatka. Vrsta voća i povrća u dodacima je takođe značajno uticala na variranje u ovom parametru kvaliteta sredine, ali nije utvrđen neki karakterističan obrazac. Od kontrolnog uzorka, po čvrstoći sredine nisu se razlikovali uzorci sa dodatkom 5% praha OD jabuke i mrkve, dok su se najvećom čvrstoćom odlikovali uzorci sa dodatkom 10% jabuke i melase. U pogledu elastičnosti sredine, u odnosu na kontrolni uzorak signifikantno pogoršanje je izmereno kod hleba sa dodatkom 10% melase. U okviru grupe hlebova koji se po elastičnosti sredine nisu razlikovali od kontrolnog, značajna razlika je utvrđena između hlebova sa dodatkom 5% praha od OD šljive i 10% praha OD kupusa koji su imali najviše vrednosti elastičnosti i hleba sa 10% praha OD jabuke koji je imao najnižu elastičnost u ovoj grupi.



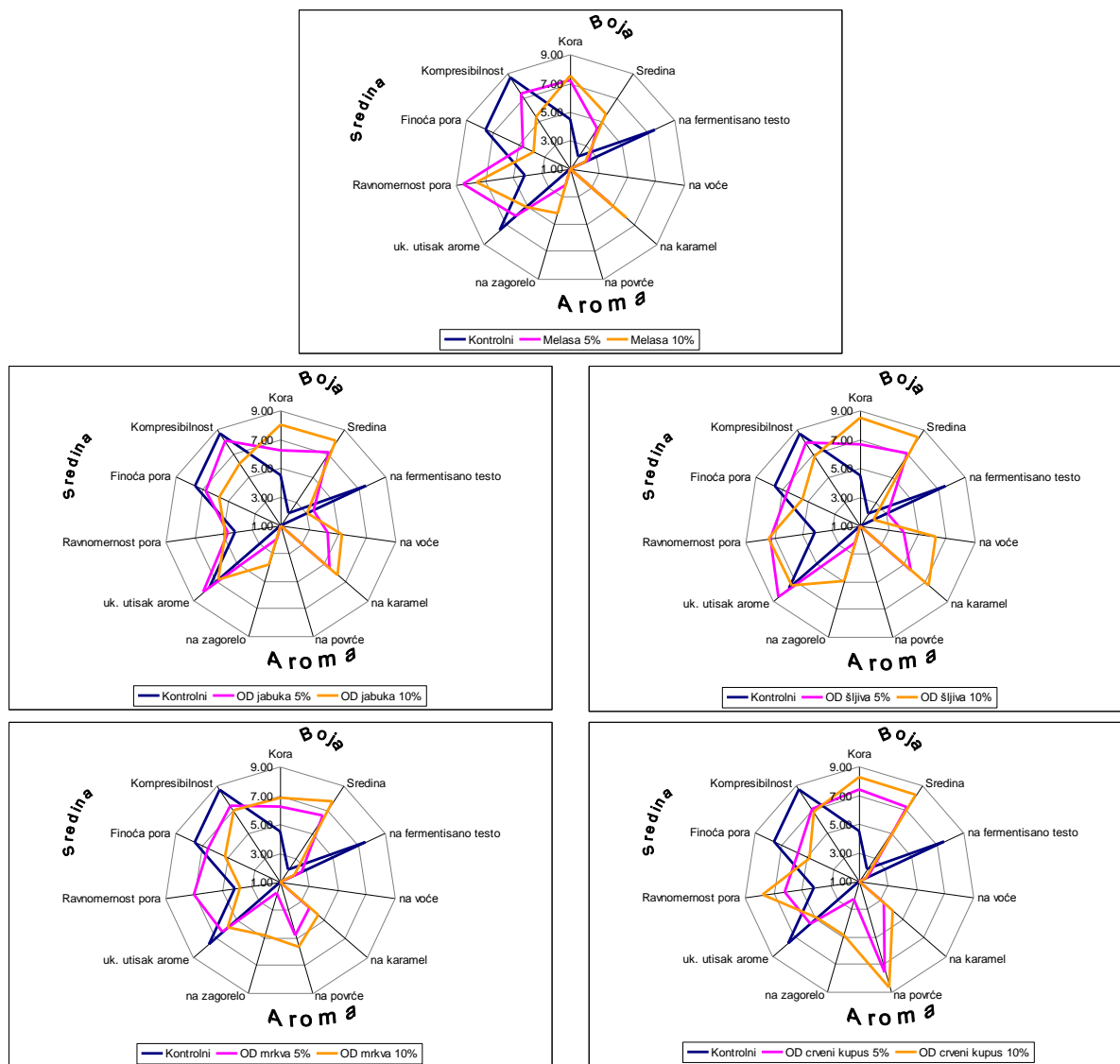


a,b,c,d,e Različita slova pridružena tačkama i stupcima na dijagramu označavaju da se srednje vrednosti parametara statistički značajno razlikuju ( $p < 0.05$ ).

*Slika 15 Uticaj dodataka na teksturna svojstva sredine hleba obogaćenih osmotski dehidriranim voćem i povrćem u prahu*

Prema senzorskom profilu, hlebovi sa dodatkom OD sastojaka u prahu su se više razlikovali od kontrolnog u odnosu na hlebove sa svežim dodacima (Slika 16). Boja kore i sredine hlebova je bila izrazito tamnija. Kod svih uzoraka je zapaženo da je sredina bila tamnija u odnosu na sredinu odgovarajućeg hleba sa melasom (videti u Prilogu). Hlebovi sa 5% dodataka su uglavnom imali nešto svetliju koru u odnosu na hleb sa 5% melase osim hleba sa OD crvenim kupusom. Hlebovi sa 10% dodataka su imali tamniju koru u odnosu na hleb sa dodatkom melase osim hleba sa mrkvom. Aroma sredine se odlikuje uglavnom intenzivnijim aromama na karamel, voće tj. povrće a registrovana je i pojava ukusa na zagorelo različitog intenziteta, od veoma slabo izraženog (registrovanog kod uzoraka sa 5% dodataka) do slabo do skoro jasno izraženog (kod hleba sa 10% jabuke) i jasno izraženog (kod hleba sa 10% šljive i crvenog kupusa). Ukus na zagorelo nije bio takvog intenziteta da bi se diskvalifikovao proizvod. Visokim ocenama za ukupan utisak arome ocenjeni hlebovi sa dodatkom voća dok su hlebovi na bazi melase i povrća ocenjeni slabijim ocenama ali ne u kategoriji neprihvatljivih aroma. Izraženiji je bio uticaj dodataka i na kvalitetne parametre sredine.

Slično kao i kod hlebova sa svežim OD dodacima ali sa nešto izraženijim dejstvom, prahovi su delovali na povećanje ravnomernosti pora i smanjenje finoće pora. Najveće ocene za finoću pora dobili su hlebovi sa dodatkom praha OD voća. Dodaci su ispoljili intenzivniji uticaj na kompresibilnost sredine hleba koja se značajno povećala kod uzoraka sa višim dozama dodatka ali je bila bolje ocenjena u odnosu sa hlebove sa čistom melasom.



Slika 16 Senzorni profil hleba sa praškastim dodacima od osmotski dehidriranog voća i povrća

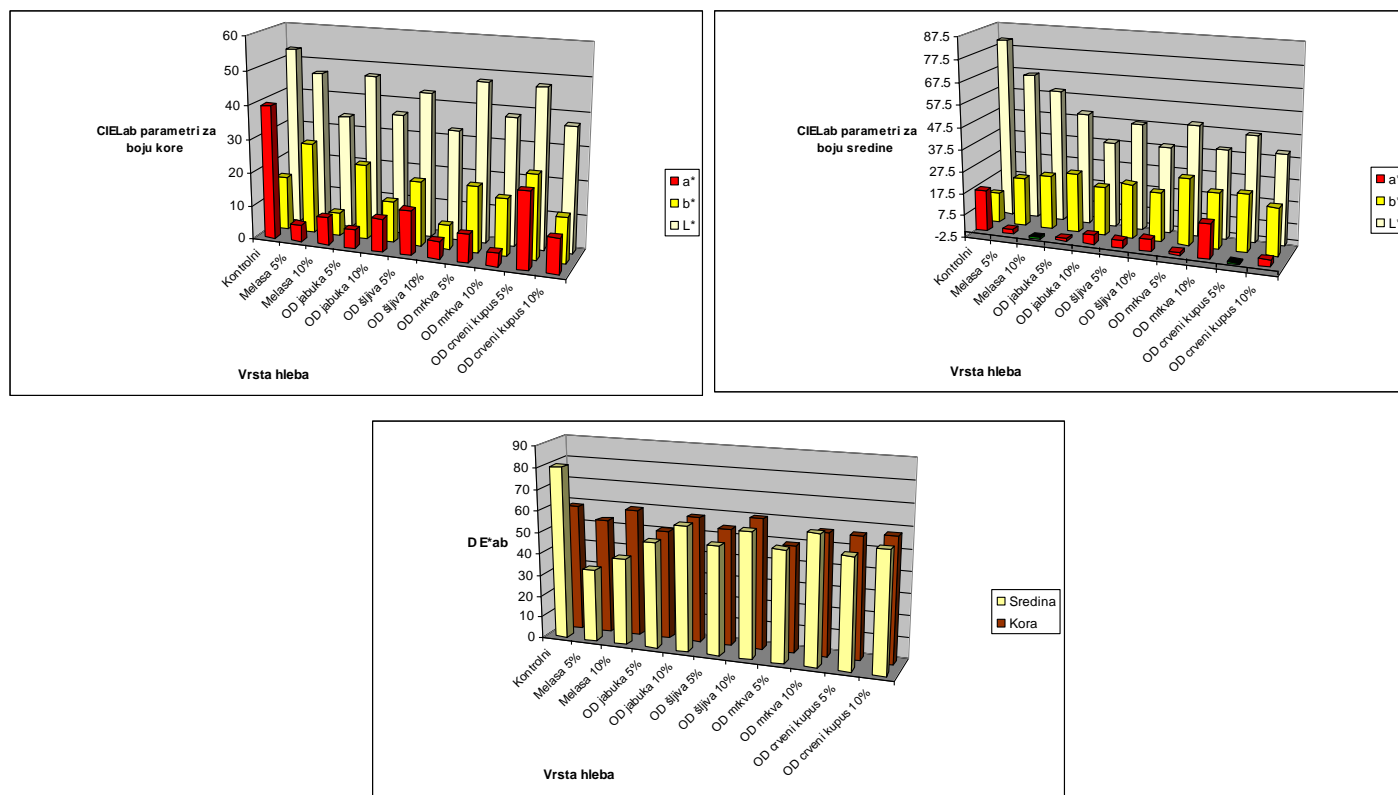
#### 4.5.5 Boja hleba sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća u prahu

Parametri boje hlebova sa dodatkom melase i OD voća i povrća u prahu su prikazani na Slici 17. Praškasti dodaci na bazi osmotski dehidriranog voća i povrća su uticali na intenzivniju promenu boje kore i sredine hleba. Niže vrednosti za svetloću kore ( $L^*$ ) ukazuju da je kora hlebova bila tamnija u poređenju sa kontrolnim uzorkom. Ove razlike su bile još izraženije kada je u pitanju svetloća sredine hleba. Najtamnija boja kore je izmerena kod hlebova sa 10% dodataka osim kod hleba sa prahom OD mrkve. Sredina hlebova sa dodatkom OD voća/povrća u prahu je bila tamnija od sredine hlebova sa melasom. Boja hleba nastaje u reakcijama karamelizacije i Maillardovim reakcijama. Prisustvo melase utiče na izraženije tamnjenje kore i sredine hleba jer ona već sadrži produkte bojnih reakcija a doprinosi i povišenom unosu redukujućih šećera koji dalje mogu da učestvuju u Maillardovim reakcijama u toku pečenja. Na formiranje boje, pored vrste dodataka utiče i temperaturni režim.

Parametar  $a^*$  koji predstavlja indikator crvene boje je imao tendenciju opadanja u svim hlebovima sa dodacima. U poređenju sa kontrolnim hlebom, kora i sredina obogaćenih hlebova je imala veoma mali udeo crvene boje. Ovaj pad  $a^*$  vrednosti je ipak bio manje izražen u slučaju kore hlebova sa OD mrkvom i crvenim kupusom što bi moglo da bude posledica prisustva pigmenata odgovornih za crveni ton kao što su karotenoidi i antocijani. Međutim,  $a^*$  vrednosti određene u sredini hleba ne potvrđuju u potpunosti takvu pretpostavku. Doprinos antocijana formiranju crvenog tona u hlebu je veoma kompleksne prirode jer zavisi od mnogo faktora kao što su toplotna stabilnost pigmenta, pH vrednost, koncentracija i temperaturni režim. U eksperimentu Li i sar. (2007) koji je pripremao muffinse sa dodatkom purpurne pšenice, u gotovom proizvodu nije registrovano prisustvo antocijana.

Nasuprot tome, karotenoidi su poznati kao relativno termički stabilni pigmenti. Hlebovi sa dodacima su imali veći udeo žutog tona ( $b^*$  vrednosti) sredine hleba u odnosu na kontrolni, pri čemu je hleb sa mrkvom imao najveću vrednost ovog parametra. Kora hleba je takođe imala veći udeo žutog tona ali samo kod hlebova sa 5% dodataka. Zanimljivo je da je registrovan pad učešća žutog tona u kori i sredini hlebova sa višom dozom dodaka u odnosu na hlebove sa 5% dodataka. Slična zapažanja su utvrđena i za učešće crvenog tona i to kod 50% uzoraka.

Boje su bile veoma dobro izražene, na šta ukazuju visoke vrednosti parametra za razliku boje  $\Delta E^*ab$  (Slika 17). OD voće i povrće u prahu kao i čista melasa bi mogli da se koriste kao prirodni koloranti i poboljšivači boje sredine hleba naročito kod formulacija sa dodatkom raži ili od celog zrna pšenice koji mogu imati naglašene sive tonove.



Slika 17 Instrumentalna merila boje (CIELab) kore i sredine specijalnih vrsta hleba sa dodatkom OD voća i povrća u prahu

---

---

#### **4.6 DOPRINOS SPECIJALNIH HLEBOVA OBOGAĆENIH MELASOM I OSMOTSKI DEHIDRIRANIM VOĆEM/POVRĆEM U MELASI DNEVNO PREPORUČENOM UNOSU MINERALNIH MATERIJA**

Hleb je namirnica koja se danas najviše konzumira i smatra se indikatorom kvaliteta ishrane u programima zdravstvenog monitoringa u Evropi (Steingrimsdottir, Ovesen, Moreiras&Jacob, 2003). Visoka potrošnja hleba je naročito izražena u siromašnijim zemljama gde hleb neretko predstavlja glavni izvor energije i hranljivih materija. Poznato je da su hlebovi od belog brašna u nutritivnom smislu mnogo siromašniji te da ne zadovoljavaju adekvatno potrebe organizma za mnogim hranljivim materijama. Pokazano je da hleb od belog brašna sadrži male količine mineralnih materija (Al-Kanhal, Al-Mohizea, Al-Othaimen, & Akmai Khan, 1999; Isserliyska, Karadjov & Angelov, 2001). S obzirom da je melasa šećerne repe koncentrat mineralnih materija, pre svega K, Na, Mg i Ca, može se očekivati da će njen dodatak u hlebove u izvesnoj meri da utiče na povećanje sadržaja ovih mineralnih materija i na taj način povećati nutritivnu adekvatnost hlebova.

U Tabeli 15 dat je prikaz sadržaja K, Na, Mg i Ca u raznim vrstama hleba objavljenih od strane različitih autora, u poređenju sa njihovim sadržajem u hlebovima iz ove studije.

Na osnovu prikazanih podataka, može se zaključiti da beli hleb sa dodatkom melase ima povoljniji sadržaj kalijuma i kalcijuma čak i u odnosu na Graham hlebove. Hlebovi sa dodatkom OD voća i povrća u melasi takođe imaju slične sadržaje kalijuma i kalcijuma u odnosu na Graham hlebove pri čemu praškasti sastojci doprinose nešto većem sadržaju ovih minerala. Sastojci od OD povrća takođe doprinose povišenju sadržaja K i Ca. Sadržaj natrijuma prvenstveno zavisi od količine soli definisanom u recepturi. Kontrolni beli hleb iz naše studije sadrži niže količine magnezijuma u odnosu na podatke objavljene u literaturi što se može objasniti uticajem varijacije u njegovom sadržaju u samoj sirovini tj. pšenici.

Iz literaturnih podataka se može videti da se sadržaj Na u belim i integralnim hlebovima kreće u širokim granicama, od 500-910 mg/100 g . Sadržaj kalijuma je varirao u užem opsegu i kretao se od 89 do 295 mg/100 g. Slični podaci su ustanovljeni i u studiji Castanheire i sar. (2009) u kojoj su ispitivani sadržaji K i Na u komercijalnim hlebovima različitih tipova (pšenični, kukuruzni,

---

ovseni i raženi) prikupljenih u periodu od godinu dana. Sadržaj Na se kretao u opsegu 490-722 mg/100 g a sadržaj K u opsegu 122-171 mg/100 g. U Tabeli 15 je prikazan odnos K i Na u hlebovima. Prema prikazanim podacima, u belim hlebovima je uobičajen odnos K:Na u opsegu 0.15-0.27 a u integralnim hlebovima je ovaj odnos 0.43-0.47. Ovi podaci su u skladu sa podacima Pribiš (1999) u kojima je navedeno da je odnos K:Na u belom hlebu 0.22 a u crnom hlebu 0.35.

Svetski zdravstveni autoriteti preporučuju redukciju Na u ishrani ali za sada ne preporučuju maksimalne preporučene vrednosti u pojedinim namirnicama (WHO, 2003). Odnos između količine kalijuma i natrijuma je veoma važan indikator i smatra se da idealna ishrana treba da doprinese unosu od čak 4-5 više K od Na na dnevnom nivou. Obogaćivanje hleba dodacima na bazi melase poboljšava odnos K:Na i povećava ga sa 0.33 u belom hlebu na 0.46-0.64 za niže doze dodataka, bez obzira na vrstu, dok više doze omogućuju postizanje povoljnijih odnosa koji se kreću u opsegu 0.66-0.91. Međutim, uprkos povoljnijem odnosu K:Na u odnosu na bele i integralne hlebove, hlebovi suplementovani melasom šećerne repe ipak spadaju u kategoriju natrijum-dominantne hrane.

Tabela 15 Uporedni prikaz sadržaja K, Na, Mg i Ca u raznim vrstama hleba

Vrsta hleba	Referenca	mg/100 g nativno				
		K	Na	K:Na	Mg	Ca*
Beli pšenični hleb	Pylar, 1973	191**	858**	0.27	34**	1127**
Beli pšenični hleb	Bíró & Lindner, 1988	117	800	0.15	48	20
Beli pšenični hleb	Al-Kanhal, Al-Mohizea, Al-Othaimen, & Akmal Khan, 1999	89.4	-	-	-	12.5
Beli pšenični hleb	Isserliyska, Karadjov & Angelov, 2001	-	-	-	27	23
Beli pšenični hleb	Kaić-Rak & Antonić, 1990	100	500	0.20	-	10
Beli pšenični hleb	Dagliogly&Tuncel, 1999	205	910	0.22	13	19
Beli pšenični hleb	Rezultat iz ove disertacije	139.9	416.2	0.33	12	22.8
Graham hleb	Bíró & Lindner, 1988	295	686	0.43	40	25
Graham hleb	Kaić-Rak & Antonić, 1990	250	525	0.47	93	20
Graham hleb	Auerman, 1988	-	-	-	72	29
Beli pš. hleb sa dod. melase (5-10%)	Rezultat iz ove disertacije	265.4-373.3	412.9-409.6	0.64-0.91	14.6-16.9	28.2-34.0
Beli pš. hleb sa dod. OD voća u prahu (5-10%)	Rezultat iz ove disertacije	189.9-321.4	404.8-386.8	0.46-0.83	12.4-13.5	24.9-30.1
Beli pš. hleb sa dod. OD povrća u prahu (5-10%)	Rezultat iz ove disertacije	236.1-349.5	415.4-424.9	0.57-0.82	13.7-18.5	32.8-44.7
Beli pš. hleb sa dod. svežeg OD voća (10-30%)	Rezultat iz ove disertacije	166.7-240.6	400.3-362.0	0.42-0.66	11.9-12.2	23.5-27.1
Beli pš. hleb sa dod. svežeg OD povrća (10-30%)	Rezultat iz ove disertacije	209.5-345.1	417.9-429.0	0.50-0.80	13.3-18.5	30.3-44.7

\*velike razlike u sadržaju Ca su najverovatnije posledica prisustva ili odsustva mleka i mlečnih proizvoda u formulaciji proizvoda o čemu nije bilo adekvatnih podataka u referencama.

\*\* rezultati dati na suhu materiju.

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 16, može se videti da 100 g belog hleba zadovoljava približno 3.0% dnevno preporučene količine za kalijumom, 27.8% potreba za natrijumom, oko 3 odn. 4% potreba za magnezijumom (za muškarce odn. žene, respektivno) i oko 2.0% dnevnih potreba za kalcijumom. Dodatkom melase u hleb u dozama 5 i 10%, 100 g-porcija bi zadovoljila 5.6 odn. približno 8.0% potreba odrasle osobe za kalijumom, oko 27.5% potreba za natrijumom, 3.0-4.0% potreba za magnezijumom i 3-3.5% potreba za kalcijumom. Hlebovi sa dodatkom melase i OD voća doprineli bi manjem unosu natrijuma u odnosu na kontrolni hleb.

Tabela 16 Procena unosa posmatranih mineralnih materija konzumacijom 100 g hleba

Vrsta hleba	Doza dodatka	Doprinos DRIs (%)				
		K	Na	Mg		Ca
				m.	f.m.	
DRIs (mg/dan) / kategorija preporuke	4700 / (AIs)	1500 / (AIs)	420 (RDAs)	320 (RDAs)	1000 / (AIs)	
Kontrolni	0%	3.0	27.8	2.9	3.8	2.3
Sa melasom	5%	5.6	27.5	3.5	3.9	2.8
	10%	7.9	27.3	4.0	3.9	3.4
Sa praškastim OD voćem/povrćem	5% jabuka	4.0	27.0	3.0	4.0	2.5
	10% jabuka	5.0	26.3	3.0	4.2	2.6
	5% šljiva	5.7	26.9	3.0	4.3	2.7
	10% šljiva	6.8	25.8	3.2	4.3	3.0
	5% mrkva	5.0	27.7	3.3	4.8	3.3
	10% mrkva	7.0	28.1	3.6	5.8	4.2
	5% c. kupus	5.3	27.8	3.7	4.6	3.4
	10% c. kupus	7.4	28.3	4.4	5.3	4.5
Sa svežim komadićima OD voća/povrća	10% jabuka	3.6	26.6	2.9	3.8	2.4
	30% jabuka	4.5	24.3	2.9	3.8	2.5
	10% šljiva	3.8	26.7	2.9	3.8	2.5
	30% šljiva	5.1	24.1	2.8	3.7	2.7
	10% mrkva	4.5	28.2	3.2	4.2	3.0
	30% mrkva	7.0	27.9	3.5	4.6	4.3
	10% c. kupus	4.6	28.4	3.5	4.6	3.1
	30% c. kupus	7.3	28.6	4.4	5.8	4.5

m. – muškarci; f.m. – žene

Prema statističkim podacima, stanovništvo naše zemlje se karakteriše visokom prosečnom konzumacijom hleba koja iznosi i do 300 g/dan. U Tabeli 17 je izvršena procena unosa mineralnih



materija (K, Na, Mg i Ca) za populaciju odraslog stanovništva konzumacijom 300-gramske porcije specijalnog hleba obogaćenog ispitivanim dodacima na bazi melase šećerne repe.

Tabela 17 Doprinos unosu posmatranih mineralnih materija u odnosu na preporučene vrednosti (DRVs) za populaciju odraslog stanovništva dnevnom konzumacijom 300 g hleba

Vrsta hleba	Doza dodatka	Doprinos DRVs (%)					
		K	Na	Mg		Ca	
				m.	f.m.	m	f.m.
DRVs (mg/dan)	3500	1600	300	270	1000	800	
Kontrolni	0%	12.0	78.0	12.0	13.4	6.8	8.5
Sa melasom	5%	22.8	77.4	14.6	16.2	8.4	10.6
	10%	32.0	76.8	16.9	18.8	10.2	12.8
Sa praškastim OD voćem/povrćem	5% jabuka	16.3	75.9	12.4	13.7	7.5	9.3
	10% jabuka	20.2	73.9	12.6	13.9	7.8	9.7
	5% šljiva	23.1	75.7	12.7	14.1	8.0	10.1
	10% šljiva	27.6	72.5	13.5	15.0	9.0	11.3
	5% mrkva	20.2	77.9	13.7	15.2	9.8	12.3
	10% mrkva	28.4	78.9	15.1	16.8	12.7	15.9
	5% c. kupus	21.3	78.2	15.4	17.1	10.2	12.8
	10% c. kupus	30.0	79.7	18.5	20.6	13.4	16.8
Sa svežim komadićima OD voća/povrća	10% jabuka	14.3	74.8	12.2	13.6	7.1	8.8
	30% jabuka	18.1	68.3	12.1	13.5	7.4	9.2
	10% šljiva	15.4	75.1	12.2	13.6	7.4	9.3
	30% šljiva	20.6	67.9	11.9	13.2	8.1	10.2
	10% mrkva	18.0	79.2	13.3	14.8	9.1	11.4
	30% mrkva	28.2	78.4	14.8	16.4	12.9	16.1
	10% c. kupus	18.4	79.7	14.6	16.2	9.3	11.6
	30% c. kupus	29.6	80.4	18.5	20.5	13.4	16.8

m. – muškarci; f.m. - žene

Konzumacijom dnevne porcije specijalnih hlebova obogaćenih dodacima na bazi melase omogućio bi se adekvatniji unos K, Mg i Ca u populaciji odraslog stanovništva u odnosu na kontrolni beli hleb. Hleb sa dodatkom melase bi doprineo pokrivanju oko 20-30% dnevnih potreba za kalijumom, oko 15-19% potreba za magnezijumom i 8-13% potreba za kalcijumom. Hlebovi sa dodatkom OD šljive, mrkve i kupusa bi doprineli sličnim unosima dok bi porcija hleba sa OD jabukom najmanje doprinela povišenom unosu ovih mineralnih materija.

Jedna porcija (20 g) hleba obogaćenog sa 10% OD šljive ili 10% OD mrkve bi doprinela pokrivanju 4-8% potreba (DRVs) za kalijumom kod dece uzrasta 10 i 1 god., respektivno.

---

---

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je ispitivan kvalitet specijalnih vrsta hlebova obogaćenih melasom šećerne repe i voćem/povrćem koje je prethodno tretirano osmotskom dehidracijom u melasi kao hipertoničnom rastvoru, sa aspekta njihove prehrambene vrednosti i senzorskog kvaliteta. Korišćeno je voće i povrće lako dostupno i uobičajeno za naše uslove: jabuke, šljive, mrkva i crveni kupus, od kojih su šljive i crveni kupus poznati po visokom antioksidacionom potencijalu. Odabrano osmotski dehidrirano voće/povrće je dodavano u hleb na dva načina: u obliku sveže osmotski dehidriranih komadića i u sprašenom obliku. Ispitivane su dve doze dodatka: 5 i 10% računato na brašno.

Ispitivanjem reoloških i termo-mehaničkih karakteristika testa ustanovljeno je da dodatak melase u testo dovodi do smanjenja moći upijanja vode, produženja razvoja testa, povećanja stabiliteta i otpora testa. Dodaci na bazi osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu izazivaju slične efekte, ali smanjuju stabilnost testa. Dodatak melase i osmotski dehidriranog voća/povrća u prahu rezultuje u formiranju mekih i plastičnih testa. Dodaci smanjuju stabilnost proteina pri zagrevanju, ne remete sposobnost želiranja skroba ali ga usporavaju, utiču na povećanje stabiliteta kuvanja na toplo tj. smanjuju aktivnost amilaze i ne utiču na ubrzavanje procesa retrogradacije što znači da nemaju negativno delovanje na održanje svežine sredine hleba.

Ispitivanja su pokazala da je osmotski dehidrirano voće/povrće delovalo u pravcu povećanja sadržaja ukupne vlage i vlage sredine hleba, pri čemu je dodatak svežeg OD voća/povrća značajno povećavao sadržaj ukupne vlage i vlage sredine u odnosu na kontrolni beli hleb. U slučaju dodavanja sprašenih dodataka, promene vlage nisu bile značajne kod većine dodataka. Dodatak čiste melase u ispitivanim dozama nije uticao na značajnu promenu ukupne vlage i sredine hleba.

Sadržaj pepela u obogaćenom hlebu je bio značajno viši kod dodatka melase i OD povrća u prahu u svim ispitivanim dozama kao i dodatka 10% OD voća u prahu.

Značajno viši sadržaji proteina su bili zabeleženi u hlebovima sa dodatkom čiste melase i OD povrća, bez obzira na dozu i oblik (prahovi ili komadići).

---

Ispitivani dodaci su delovali na smanjenje sadržaja masti ali promene nisu bile statistički značajne.

Značajno viši sadržaj sirovih vlakana u odnosu na beli hleb je bio registrovan kod primene OD povrća u svim ispitivanim dozama i oblicima kao i kod primene 10% osmotski dehidrirane jabuke. Ostali uzorci se nisu značajno razlikovali od kontrolnog po ovom parametru.

Uglavnom su svi dodaci, bez obzira na dozu i vrstu, doprineli značajnom smanjenju sadržaja skroba u hlebu u odnosu na kontrolni.

Kod dodatka 10% čiste melase i svežeg osmotski dehidriranog voća/povrća, došlo je značajnog povećanja sadržaja redukujućih šećera u odnosu na kontrolni beli hleb. Kod dodatka osmotski dehidriranog voća i povrća u prahu u svim ispitivanim dozama je došlo do signifikantnog povećanja sadržaja redukujućih šećera.

Bogat mineralni sastav melase šećerne repe je doprineo značajnom povećanju sadržaja mineralnih materija (naročito K, Mg i Ca) u hlebovima sa suplementima na bazi melase i voća/povrća osmotski dehidriranih u melasi. Najveći porast je zabeležen kod sadržaja kalijuma u hlebovima sa dodatkom 10% melase (167.5%), 10% osmotski dehidriranog kupusa u prahu (157.5) i 30% svežeg osmotski dehidriranog kupusa (152.8%). Povećanje u sadržaju magnezijuma je bilo najveće u hlebu sa dodatkom 10% osmotski dehidriranog kupusa u prahu (58.1%), 30% svežeg osmotski dehidriranog kupusa (56.8%) i 10% melase (40.2%). Najveći sadržaj kalcijuma je zabeležen kod hlebova sa višim primenjenim dozama svežeg i spraćenog osmotski dehidrirane mrkve i kupusa pri čemu su zabeležena povećanja od oko 80% i 100%, respektivno, u odnosu na kontrolni hleb. U odnosu na kontrolni beli hleb, sadržaj natrijuma u hlebovima obogaćenim suplementima na bazi melase nije se statistički značajno razlikovao. Međutim, uočeno je da su hlebovi sa dodatkom čiste melase i suplemenata na bazi svežeg i spraćenog osmotski dehidriranog voća imali manje sadržaje natrijuma ali su signifikantne razlike bile zabeležene samo između uzoraka sa najvećim i najmanjim sadržajem natrijuma. Obogaćivanje hleba dodacima na bazi melase poboljšava odnos K:Na i povećava ga sa 0.33 u belom hlebu na 0.46-0.64 za niže doze dodataka, bez obzira na vrstu, dok više doze omogućuju postizanje povoljnijih odnosa koji se kreću

---

u opsegu 0.66-0.91. Međutim, uprkos povoljnijem odnosu K:Na u odnosu na bele i integralne hlebove, suplementovani hlebovi ipak spadaju u kategoriju natrijum-dominantne hrane.

U poređenju sa drugim vrstama hleba, ustanovljeno je da hlebovi sa dodatkom melase šećerne repe imaju veći sadržaj K i Ca u odnosu na Graham hlebove. Hlebovi sa dodatkom OD voća/povrća imaju sličan sadržaj K i Ca kao i Graham hlebovi. Procenom doprinosa unosa mineralnih materija u odnosu na preporučene vrednosti (DRVs) za populaciju odraslog stanovništva, ustanovljeno je da bi se dnevnom konzumacijom 300 g hleba obogaćenog dodacima na bazi melase moglo zadovoljiti 14.3-30.0% potreba za K, 12.1-18.5% tj. 13.2-20.6 potreba za Mg, 7.1-13.4% tj. 8.8-16.8% potreba za Ca, za odrasle muškarce i žene, respektivno.

Specijalni hlebovi sa dodatkom suplemenata na bazi melase su imali značajno veći antioksidacioni potencijal u odnosu na kontrolni hleb. Najveći porasti su zabeleženi kod hlebova sa dodatkom viših doza sveže i osmotski dehidrirane šljive u prahu, i iznosili su 55% i 82%, respektivno, u odnosu na kontrolni beli hleb. Najniži porast antioksidacionog potencijala je zabeležen kod hlebova sa dodatkom nižih doza mrkve.

Ispitivani dodaci su uticali na zapreminu hleba. Dodaci na bazi sveže osmotski dehidriranog voća/povrća u nižoj dozi nisu uticali na značajno smanjenje zapremine u odnosu na kontrolni. Čista melasa i osmotski dehidrirani proizvodi u prahu su značajno smanjivali zapreminu hleba.

Teksturna svojstva sredine hleba su se menjala u zavisnosti od vrste i doze dodataka. Po čvrstoći sredine, od kontrolnog uzorka su se najmanje razlikovali hlebovi sa dodatkom svežeg osmotski dehidriranog voća/povrća. Naime, u toj grupi dodataka po čvrstoći sredine statističke značajne razlike u odnosu na kontrolni su bile utvrđene samo kod hleba sa dodatkom 30% šljive koji je imao najčvršću sredinu i 30% kupusa koji je imao najmekšu sredinu. U grupi hlebova sa praškastim dodacima, od kontrolnog se nisu razlikovali samo hlebovi sa dodatkom 5% jabuke i mrkve. Dodatak melase u svim ispitivanim dozama je značajno povećavao čvrstoću sredine u odnosu na čvrstoću kontrolnog belog hleba. U pogledu elastičnosti sredine hleba, ustanovljeno je da dodatak 30% osmotski dehidrirane jabuke i šljive i 10% melase značajno smanjuje elastičnost sredine. Ostali dodaci nisu uticali na statistički značajnu varijabilnost ovog parametra u odnosu na kontrolni hleb.

---

Ispitivani dodaci su značajno uticali na promenu senzornog profila hlebova. Delovali su u pravcu potamnjenja kore i sredine hlebova. Praškasti dodaci su doprinosili tamnijoj boji sredine čak i u odnosu na hlebove sa dodatkom melase. Za većinu hlebova sa dodacima na bazi melase šećerne repe je bilo karakteristično smanjenje udela crvenog tona u boji kore i sredine i povećanje udela žutog tona u boji sredine, pri čemu su razlike bile izraženije između hlebova sa praškastim sastojcima i kontrolnog belog hleba.

Aroma hleba se menjala u pravcu smanjenja arome na pšenični hleb i povećanju arome na karamel i odgovarajuće voće i povrće. Hlebovi sa praškastim dodacima su se odlikovali intenzivnijim aromama na karamel a u ovoj grupi je registrovana pojava ukusa na zagorelo različitog intenziteta koji nije bio diskvalifikujući.

Dodaci na bazi melase su delovali u pravcu povećanja ravnomernosti pora i smanjenja finoće pora. Niže doze dodatka komada osmotski dehidriranog voća nisu pogoršale finoću pora sredine. Sličan efekat je uočen i kod kompresibilnosti sredine. Niže doze svežih osmotski dehidriranih dodataka se nisu negativno odrazile na kompresibilnost. Praškasti dodaci su imali intenzivnije dejstvo na povećanje kompresibilnosti ali je najveće povećanje kompresibilnosti je uočeno kod hleba sa 10% melase.

---

---

## 6. LITERATURA

AACC (2003). Method 74-10A. U *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC) 10<sup>th</sup> edition*. St. Paul, MN: The Association.

Addo, K. (1997). Effects of honey type and level on the baking properties of frozen wheat doughs. *Cereal Foods World*, 42 (1), 36-40.

Al-Kanhal, M. A., Al-Mohizea, I. S., Al-Othaimeen, A. I., & Akmai Khan, M. (1999). Nutritive value of various breads in Saudi Arabia. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 50, 345-349.

Anderson, J.W. (2003). Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 135-142.

Andersson, A., Tengblad, S., Karlstrom, B., Kamal-Eldin, A., Landberg, R., Basu, S. Aman, P., & Vessby, B. (2007). Whole-grain foods do not affect insulin sensitivity or markers of lipid peroxidation and inflammation in healthy, moderately overweight subjects. *Journal of Nutrition*, 137, 1401-1407.

Andreasen, M.F., Landbo, A.K., Christensen, L.P., Hansen, A., & Meyer, A.S. (2001). Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale* L.) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulic acid dehydromers on human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4090-4096.

Anon. (2003). The Development of the Dietary Reference Intakes. Health Canada. Her Majesty the Queen in Right of Canada Cat.

(H44-47/2003E-HTML ISBN 0-662-34956-3)

[[http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/reference/dri\\_dev-elab\\_anref-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/reference/dri_dev-elab_anref-eng.php)].

AOAC (2000). U W. Horwitz, *Official Methods of Analysis of AOAC International 17<sup>th</sup> edition*. Maryland, USA: AOAC.

Auerman, L.J. (1988). *Tehnologija pekarske proizvodnje* (pp. 265-299). Dobriša Beleslin (prev.). Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet – OOUR jugoslovenski institut prehrambenog inženjerstva za tehnologiju šećere, žita i brašna, skroba i konditorskih proizvoda. Novi Sad: FTN OOUR Štamparija za grafičku delatnost.

- 
- Barak, A.J., Beckenhauer, H.C., Maillard, M.E., Kharbanda, K.K., & Tuma, D.J. (2003). Betain lowers elevated S-adenosylhomocysteine levels in hepatocytes from ethanol-fed rats. *Journal of Nutrition*, 133, 2845-2848.
- Barrett, S. (1997). Doing the DRIs: a no-nonsense guide to the nation's new nutritional yardsticks- Dietary Reference Intakes  
[[http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_m0GCU/is\\_n6\\_v14/ai\\_20152543-47k.htm](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0GCU/is_n6_v14/ai_20152543-47k.htm)].
- Benzie, I. F. F. (1999). Antioxidants: observational epidemiology. U M.J. Sadler, J.J.Strain & B. Cabellero, *The encyclopedia of human nutrition* (pp. 106-115). New York: Academic Press.
- Biró, Gy. & Lindner K. (1988). *Tápanyagtáblázat (tápanyagtáblázat és tápanyagszükséglet* (pp. 32-35). Medicina Könyvkiadó: Budapest.
- Bohn, T., Davidsson, L., Walczyk, T., & Hurrell, R.F. (2004). Phytic acid added to white-wheat bread inhibits fractional apparent magnesium absorption in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 418-423.
- Bonet, A., Blaszcak, W. & Rosell, C.M. (2006). Formation of homopolymers and heteropolymers between wheat flour and several protein sources by transglutaminase-catalyzed cross-linking. *Cereal Chemistry*, 83(6), 655-662.
- Boyer, J. & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(5), 1-10. [doi: 10.1186/1475-2891-3-5, <http://www.dietaryfiberfood.com/apple-fruit-benefits.php>, accessed on Aug. 17, 2007].
- Bruce, B., Spiller, G.A., Klevay, L.M., & Gallagher, S.K. (2000). A diet high in whole and unrefined foods favorably alters lipids, antioxidant defenses and colon function. *Journal of the American College of Clinical Nutrition*, 19, 61-67.
- Castanheira, I., Figueiredo, C., André, C., Coelho, I., Silva, A.T., Santiago, S., Fontes, T., Mota, C. & Calhau, A. (2009). Sampling of bread for added sodium as determined by flame photometry. *Food Chemistry*, 113, 621-628.
- Charlton, R.W., & Bothwell, T.H. (1983). Iron absorption. *Annual Review of Medicine*, 34, 55-68.
- Chen, C.Y., Milbury, P.E., Kwak, H.K., Collins, F.W., Samuel, P. & Blumberg, J.B. (2004). Avenanthramides and phenolic acids from oats are bioavailable and act synergistically with vitamin C to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *Journal of Nutrition*, 134, 1459-1466.

- 
- Clarke, M. A., Blanco, R. S., Godshall, M. A. & To, T. B. T. (1985). Color components in sugar refinery processes. In *Proceedings of the International Meeting of Sugar Industry Technologists* (pp. 53-87). New York.
- Collar, C., Bollaín, C. & Rosell, C.M. (2007). Rheological behaviour of formulated bread doughs during mixing and heating. *Food Science and Technology International*, 13, 99-107.
- Collins, A.R. (2005). Antioxidant intervention as a route to cancer prevention. *European Journal of Cancer*, 41, 1923-1930.
- Curtin, L.V. (1983). *Molasses – General Considerations* (pp. 6-8). West Des Moines, Iowa: National Feed Ingredients Association.
- Daglioglu, O. & Tuncel, B. (1999). Macro and micro mineral contents of Turkish bread types. *Nahrung*, 43, 61-62.
- Đaković, Lj. (1997). *Pšenično brašno* (pp. 27-28). Novi Sad: Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju žita i brašna.
- Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom [<http://www.nutrition.org.uk/upload/DRVs.pdf>].
- Dimitrios, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science&Technology*, 17, 505-512.
- EEC (1986). Council Directive 86/362/EEC of 24 July 1986 on the fixing of maximum levels for pesticide residues in and on cereals. *Official Journal*, L 221, 7. 8. 1986, 37-42.
- Escríche, I., Chiralt, A., Moreno, J. & Serra, J.A. (2000). Influence of blanching-osmotic dehydration treatments on volatile fraction of strawberries. *Journal of Food Science*, 65(7), 1107-1111.
- Esmailzadeh, A., Mirmiran, P. & Azizi, F. (2005). Whole-grain consumption and the metabolic syndrome: a favorable association in Tehranian adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59, 353-362.
- Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A.M., Napolitano, A., Vitale, D. & Fogliano, V. (2006). Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International*, 38, 1167-1173.
- EVM (2003). *Safe upper levels for vitamins and minerals* (pp. 21-26, 264-322). Expert Group on Vitamins and Minerals. Food Standards Agency. London: Crown copyright.



- 
- Falade, K.O. & Igbeka, J.C. (2007). Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food Reviews International*, 23, 373-40.
- Fan, L., Zhang, S., Yu, L. & Ma, L. (2006). Evaluation of antioxidant property and quality of breads containing *Auricularia auricular* polysaccharide flour. *Food Chemistry*, 101, 1158-1163
- Fardet, A., Rock, E. & Rémésy, C. (2008). Is the *in vitro* antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected *in vivo*?. *Journal of Cereal Science*, 48, 258-276.
- FDA (1996a). *Red meat adulterated with PCBs*. Compliance Policy Guide. Section 565.200. Office of Regulatory Affairs, U.S. Food and Drug Administration.
- FDA (1996b). *Unavoidable contaminants in food for human consumption and food packaging material: Tolerances for polychlorinated biphenyls (PCBs)*. U.S. Food and Drug Administration. 21CFR109.30.
- Filipčev, B., Lević, Lj., Pribiš, V. & Kabić, D. (2008). Melasa šećerne repe kao pogodan hipertoničan rastvor za osmotski predtretman jabuke. U *Zborniku radova XIII savetovanja o biotehnologiji*, vol. 13(14), (pp. 323-329). Čačak: Agronomski fakultet.
- Filipčev, B., Lević, Lj., Šimurina, O. & Kuljanin, T. (2006). Priprema voća postupkom osmotske dehidracije u melasi šećerne repe sa ciljem njegove primene u pekarskoj industriji. *PTEP*, 10(5), 154-157.
- Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. *Journal of Food Engineering*, 22, 313-328.
- Food and Nutrition Board (2004). *Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals, Elements*. [<http://www.iom.edu/Object.File/Master/21/372/0.pdf>].
- Ganesan, B., Rajesh, R., Anandan, R., & Dhandapani, N. (2007). Biochemical studies on the protective effect of betaine on mitochondrial function in experimentally induced myocardial infarction in rats. *Journal of Health Studies*, 53(6), 671-681.
- Gargari, B.P., Mahboob, S., & Razavieh, S.V.(2007). Content of phytic acid and its mole ratio to zinc in flour and breads consumed in Tabriz, Iran. *Food Chemistry*, 100(3), 1115-1119.
- Gray, D.A., Clarke, M.J., Baux, C., Bunting, J.P., & Salter, A.M. (2002). Antioxidant activity of oat extracts added to human LDL particles and in free radical trapping assays. *Journal of Cereal Science*, 36, 209-218.

- 
- Grbeša, Darko (2004). *Metode procjene i tablice kemijskog sastava i hranljive vrijednosti krepkih krmiva* (pp. 134-137). Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatsko agronomsko društvo.
- Guimarães, C.M., Gião, M.S., Martinez, S.S., Pintado, A.I., Bento, L.S., & Malcata, F.X. (2007). Antioxidant activity of sugar molasses, including protective effect against DNA oxidative damage. *Journal of Food Science C: Food Chemistry and Toxicology*, 72, 39-43.
- Gurfinkel, D.M., & Rao, A.V. (2003). Soyasaponins: The relationship between chemical structure and colon anticarcinogenic activity. *Nutrition and Cancer*, 47, 24-33.
- Gutteridge, J.M.C. (1993). Free radicals in diseases processes: a compilation of cause and consequences. *Free Radical Research Communication*, 19, 141-158.
- Halliwell, B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end. *Free Radical Research*, 31, 261-272.
- Halvorsen, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C.W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Wold, A.-B., Haffner, K., Baugerød, Andersen, L. F., Moskaug, J.Ø., Jacobs, D.R., & Blomhoff, R. (2002). A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *Journal of Nutrition*, 132, 461-471.
- Harder, H., Tetens, I., Let, M.B., & Meyer, A.S. (2004). Rye bread intake elevates urinary excretion of ferulic acid in humans but does not affect the susceptibility of LDL oxidation ex vivo. *European Journal of Nutrition*, 43, 230-236.
- Hayes, J.D., & McLellan, L.I. (1999). Glutathione and glutathione-dependent enzymes represent a co-ordinately regulated defences against oxidative stress. *Free Radical Research*, 31, 273-300.
- Hickenbottom, J. (1996): Use of molasses in bakery products, *AIB Technical Bulletin*, XVIII(6), 1-6.
- Holm, P.B., Kristiansen, K.N., & Pedersen, H.B. (2002). Transgenic approaches in commonly consumed cereals to improve zinc content and bioavailability. *The Journal of Nutrition*, 132(3), 514-516.
- Houston, M.C. (2005). Nutraceuticals, vitamins, antioxidants, and minerals in the prevention and treatment of hypertension. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 47 (6), 396-449.
- Hsu, C.-L., Hurang, S.-L., Chen, W., Weng, Y.-M., & Tseng, C.-Y. (2004). Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 231-238.

- 
- Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W., & Kitts, D.D. (2003). Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*, 5271-5277.
- Hungerford, E.H. (1982). *Beet-Sugar Technology* (revised by R.A. McGinnis), (pp. 6-7). Beet Sugar Development Foundation, USA.
- Hurrell, R.F. (2003). Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability. *The Journal of Nutrition*, *133*(11S-I), 2973S-2977S.
- Ichihashi, M., Ueda, M., Budiyanto, A., Bito, T., Oka, M., & Fukunaga, M. (2003). UV-induced skin damage. *Toxicology*, *189*, 21-39.
- Isserliyska, D., Karadjov, G., & Angelov, A. (2001). Mineral composition of Bulgarian wheat bread. *European Food Research and Technology*, *213*, 244-245.
- Jang, Y., Lee, J.H., Kim, O.Y., Park, H.Y., & Lee, S.Y. (2001). Consumption of wholegrain and legume powder reduces insulin demand, lipid peroxidation, and plasma homocysteine concentrations in patients with coronary artery disease: randomized controlled clinical trial. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *21*, 2065-2071.
- Jevtić-Mučibabić, R. (2005). *Standardizacija melase za fermentacionu industriju* (pp.31). Magistarska teza. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Jović, V., & Stanković, L. (2004). *Geohemijske osnove ekološkog menadžmenta* (pp. 33-74). Zemun: Akademska izdanja.
- Kaić-Rak, A., & Antonić, K. (1990). *Tablice o sastavu namirnica i pića* (pp. 37-41). Zagreb: Zavod za zaštitu zdravlja Hrvatske.
- Kaluđerški, G., & Filipović, N. (1990). *Metode ispitivanja kvaliteta brašna, pekarskih i testeničarskih proizvoda* (pp.136-162). Novi Sad: Cvetnik.
- Kehrer, J. (1993). Free radicals as mediators of tissue injury and disease. *Critical Review in Toxicology*, *23*, 21-48.
- Kenny, S., Wehlre, K., Dennehy, T., & Arendt, K.E. (1999). Correlations fundamental rheology measurements and baking performance of frozen dough. *Cereal Chemistry*, *76*(3), 421-425.
- Kim, S.-W., Park, S.-K., Kang, S.-I., Kang, H.-C., Oh, H.-J., Bae, C.-Y., & Bae, D.-H. (2003). Hypocholesterolemic property of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* extracts in human body. *Archives of Pharmacal Research*, *26*, 1042-1046.

- 
- Krishnaswamy, K. (2003). Anaemia – a matter of serious concern and threat to human development. U I. Elmadfa, E. Anklam, & J. S. König, *Modern Aspects of Nutrition, Present Knowledge and Future Perspectives*, vol. 56 (pp. 53-56). Basel: Forum Nutr., Karger.
- Lazarides, H. N., Katsanidis, E., & Nickolaidis, A. (1995). Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. *Journal Food Engineering*, 25, 151-166.
- Lerici, C.R., Mastrocola, D., Pinnavaia, G., & Bartolucci, I. (1985). Osmotic dehydration of fruits: Influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. *Journal of Food Science*, 50, 1217-1226.
- Lewis, S., Bolton, C., & Heaton, K. (1996). Lack of influence of intestinal transit on oxidative status in premenopausal women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50, 565-568.
- Li, W., Pickard, M. D., & Beta, T. (2007). Effect of thermal processing on antioxidant properties of purple wheat bran. *Food Chemistry*, 104, 1080-1086.
- Lima, M.J.R., Tóth, I.V., & Rangel, A.O.S.S. (2005). A new approach for the sequential injection spectrophotometric determination of the total antioxidant activity. *Talanta*, 68, 207-213.
- Liyana-Pathirana, C.M., & Shahidi, F. (2006a). Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats (*Triticum aestivum* L.) and their milling fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 477-485.
- Liyana-Pathirana, C.M., & Shahidi, F. (2006b). Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1256-1264.
- Liyana-Pathirana, C.M., & Shahidi, F. (2007). The antioxidant potential of milling fractions from breadwheat and durum. *Journal of Cereal Science*, 45, 238-247.
- Lönnerdal, B. (2000). Dietary factors influencing zinc absorption. *The Journal of Nutrition*, 130 (5S), 1378S-1383S.
- Maestro-Durán, R., Borja, R., Jiménez, A. M., & León, M. M. (1996). Phenolic compounds in sugar beet molasses. *Agrochimica*, 40, 173-179.
- Masella, R., Di Benedetto, R., Vari, R., Filesì, C., & Giovannini, C. (2005). Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione related enzymes. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 16, 577-586.

- 
- Miller, H.E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A. & Kanter, M. (2000). Antioxidant content of wholegrain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, 19 (3), 312S-319S.
- Mixolab *User's Manual* (2005). Villeneuve-la-Garenne Cedex, France: Siège de Tripette & Renaud Chopin.
- Monsen, E. R. (2000). Dietary Reference Intakes for the antioxidant nutrients: Vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(6), 637-640.
- Moyano, P.C., & Zúñiga, R.N. (2003). Kinetic analysis of osmotic dehydration carried out with reused sucrose syrup. *Journal of Food Science: Food Engineering and Physical properties*, 68(9), 2701-2705.
- Murphy, S. (2008). Assessing the total diet. U M. Sheffer and C. Lewis Taylor, *The development of DRIs 1994-2004: Lessons learned and new challenges: Workshop Summary, Part 4: General guidance for users of DRIs* (pp. 105-110). Washington D.C. : The National Academies Press.
- Nagai, Y., Mizutani, T., Iwabe, H., Araki, S., & Suzuki, M. (2001). Physiological functions of sugar cane extracts. U *Proceedings of the International Meeting of Sugar Industry Technologists* (pp. 97-104). New York: Sugar Industry Technologists.
- NRC (National Research Council) (2001). Dietary Reference Intakes Table – The Complete Set. [<http://www.iom.edu/?id=21381>].
- Nutrition facts for molasses, blackstrap. [<http://www.nutritiondata.com/facts-COOO-c21Ru.html>].
- Panagiotou, N.M., Karathanos, V.T., & Maroulis, Z.B. (1998). Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 267-284.
- Petrov, S., & Petrov, Lj. (1980). *Priručnik za industriju šećera*, Knjiga 1, Deo III, Edicija Poslovne zajednice industrije šećera Jugoslavije (pp. 177-271). Beograd: Štamparija PTT.
- Porrini, M., Riso, P., Brusamolino, A., Berti, C., Guarnieri, S., & Visioli, F. (2005). Daily intake of formulated tomato drink affects carotenoid plasma and lymphocyte concentrations and improves cellular antioxidant protection. *British Journal of Nutrition*, 93, 93-99.
- Prättälä, R., Helasoja, V., & Mykkänen, H. (2001). The consumption of rye bread and white bread as dimensions of health lifestyles in Finland. *Public Health Nutrition*, 4(3), 813-819.

- 
- Pribiš, V. (1999). *Nutritivne osobine hrane* (pp. 162-167). Novi Sad: Tehnološki fakultet.
- Pyler, E.J. (1973). *Baking Science and Technology*, vol. 2. (pp. 320-324). Chicago, ILL.: Siebel Publishing Company.
- Radovanović, R., & Popov-Raljić, J. (2001). *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda* (pp. 200-206). Novi Sad: Budućnost.
- Ramallo, L.A., & Mascheroni, R.H. (2005). Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 5, 761-770.
- Rault-Wack, A.-L. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science&Technology*, 5, 255-260.
- Roginsky, V., & Lissi, E.A. (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92, 235-254.
- Rosell, C. M., Collar, C., & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21, 452-462.
- Rosen, G.M., Pou, S., Ramos, C.L., Cohen, M.S., & Britigan, B.E. (1995). Free radicals and phagocytic cells. *The FASEB Journal*, 9, 200-209.
- RZS (2007). *Potrošnja osnovnih poljoprivrednih proizvoda po stanovniku u 2007*. Republika Srbija: Republički zavod za statistiku.
- Sankat, C.K., Castagne, F., & Maharaj, R. (1996). The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 123-135.
- Sauvant, D., Perez, J.-M., & Tran, G. (2004). *Tables of composition and nutritional value of feed materials* (pp. 236-239). The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Schneider, F. (1968). *Technologie des Zuckers* (pp. 19-40). Hannover:Verlag M. & H. Schaper.
- Shi, H., Noguchi, N., & Niki, E. (2001). Introducing natural antioxidants. U J. Pokorny, N. Yanishlieva, M. Gordon, *Antioxidants in Food – practical Applications* (pp. 1-13). Boca Raton, Boston, New York, Washington D.C.: CRC Press.
- Shi, X. Q., & Fito, P.M. (1994). Mass transfer in vacuum osmotic dehydration of fruits: a mathematical model approach. *Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie*, 27, 67-72.
- Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Hooti, S. & Al-Othman, A. (2003). Quality of pan bread made by replacing sucrose with date syrup produced by using pectinase/cellulase enzymes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 1-8.

- 
- Siega-Riz, A.M., Poplin, B.M. & Carson, T. (2000). Differences in food patterns at breakfast by sociodemographic characteristics among a nationally representative sample of adults in the United States. *Preventive Medicine*, 30, 415-424.
- Sies, H. (1999). Glutathione and its role in cellular functions. *Free Radical Biology & Medicine*, 27, 916-921.
- Sl. list SFRJ (1988). Pravilnik o metodima fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, estenina i brzo smrznutih testa (1988). *Službeni list SFRJ*, 74.
- Sl. list SRJ (1992). Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama. *Službeni list SRJ*, 5, 67-85.
- Slavin, J.L., Martini, M.C., Jacobs, Jr., D.R., & Marquart, L. (1999). Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 459S-463S.
- Somogyi, A., Rosta, K., Puzsai, P., Tulassay, Zs., & Nagy, G. (2007). Antioxidant measurements. *Physiological Measurements*, 28, R41-R55.
- Spencer, B. (1974): *British Baker* 176 (44), 19-20, 24.
- Spiazzi, E., & Mascheroni, R.H. (1997). Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables – I Development of the simulation model. *Journal of Food Engineering*, 34, 387-410.
- Stanimirović, D. & Stanimirović, S. (2003). *Sanitarna hemija* (pp. 88-96). Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Stanner, S.A., Hughes, J., Kellz, C.N., & Buttriss, J. (2004). A review of the epidemiological evidence for the „antioxidant hypothesis“. *Public Health Nutrition*, 7, 407-422.
- Stear, C.A. (1990). *Handbook of breadmaking technology* (pp. 3-8, 689-690). London, UK: Elsevier Applied Science.
- Steingrimsdottir, L., Ovesen, L., Moreiras, O. & Jacob, S. (2002). Selection of relevant dietary indicators for health. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(Suppl 2), S8-S11.
- Storz, P. (2005). Reactive oxygen species in tumor progression. *Frontiers in Bioscience*, 10, 1881-1896.
- Szabó, S. A., Regiusné Mócsényi, Á., Győri, D., & Szentmihályi, S. (1987). *Mikroelemek a mezőgazdaságban – Eszenciális mikroelemek* (pp. 15-25). Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

- 
- Szocs, K. (2004). Endothelial dysfunction and reactive oxygen species production on ischemia/reperfusion and nitrate tolerance. *General Physiology and Biophysics*, 23, 265-295.
- Škrbić, B. & Filipčev, B. (2008). Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chemistry*, 108 (1), 119-129.
- Škrbić, B. (2008): Assessment of the Serbian population exposure to polychlorinated biphenyls by crops. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 25, 171-175.
- Šušić, S., Petrov, S., Kukić, G., Sinobad, V., Perunović, P., Koronosovac, B., & Bašić, Đ. (1995). *Osnovi tehnologije šećera*, drugo izdanje (pp. 194-212). Beograd: Univerzitetski udžbenici.
- Šušić, S., & Sinobad, V. (1989). Ispitivanja u cilju unapređenja industrije šećera Jugoslavije. *Hemijska industrija* 43, (Suppl. 1-2), 10-21.
- Šušić, S.K., & Guralj, E. M. (1965). *Osnovi tehnologije šećera* (pp. 548). Beograd: Naučna knjiga.
- Tahvonon, R., & Kumpulainen, J. (1994). Levels of selected elements in Finnish breads. *Journal of Food Composition and Analysis*, 71(2), 83-93.
- Takara, K., Ushijima, K., Wada, K., Iwasaki, H., & Yamashita, M. (2007). Phenolic compounds from sugarcane molasses possessing antibacterial activity against cariogenic bacteria. *Journal of Oleo Science*, 56, 611-614.
- Taylor, C. (2008). Overview: issues raised about general guidance for users. U M. Sheffer and C. Lewis Taylor, *The development of DRIs 1994-2004: Lessons learned and new challenges: Workshop Summary, Part 4: General guidance for users of DRIs* (pp. 100-105). Washington D.C.: The National Academies Press.
- Thalasso, F., Burgt, van der J., O'Flaherty, V., & Colleran, E. (1999). Large scale anaerobic degradation of betaine. *Journal of Chemical Technology&Biotechnology*, 74(12), 1176-1182.
- Tomas-Barberan, F.A., Gill, M.I., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Hess-Pierce, B., & Kader, A.A. (2001). HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 4748-4760.
- Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26, 59-68.
- Trowell, H. (1972). Ischemic heart disease and dietary fibre. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 926-932.



- 
- Truswell, A.S. (2002). Cereal grains and coronary heart disease. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 1-14.
- USDA (2007). Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of selected foods. *Nutrient Data Laboratory. USDA 2007.*  
[<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/data/ORAC/ORAC07.pdf>].
- Vasilieva, R.T. (1996). Nutritivna vrednost hleba proizvedenog u Bugarskoj. *Žito-hleb*, 23 (2-3), 54-59.
- Venn, B.J., & Mann, J.I. (2004). Cereal grains, legumes and diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58, 1443-1461.
- Viktorović, J., Terek, Lj., & Karadžić, V. (1966). *Ispitivanje melasa Jugoslovenskih fabrika šećera* (pp. 33-35). Novi Sad: Institut za prehrambenu industriju.
- Vitaglione, P., Napolitano, A., & Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 451-463.
- VLAM (2005). *Press release: De brood en bakkerijsector*. Vlaams Centrum voor agro- en Visserijmarketing vzw. Brussels, Belgium.
- Wagner, K.H., Derkits, S., Herr, M., Schuh, W. & Elmadfa, I. (2002). Antioxidative potential of melanoidins isolated from roasted glucose-glycine model. *Food Chemistry*, 78, 375-382.
- WHO (2003). *Diet, nutrition and prevention of chronic diseases*. Technical Report Series (vol. 916). Genève.
- Yu, L.L., Zhou, K.Q., & Parry, J.W. (2005). Inhibitory effects of wheat bran extracts on human LDL oxidation and free radicals. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 38, 463-470.
- Zhou, K.Q., Yin, J.J., & Yu, L.L. (2005). Phenolic acid, tocopherol and carotenoid compositions, and antioxidant functions of hard red winter wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3916-3922.

## 7. PRILOG

### FOTOGRAFIJE HLEBOVA OBOGAĆENIH DODACIMA NA BAZI MELASE ŠEĆERNE REPE



Kontrolni beli hleb



Hleb sa dodatkom 5% melase



Hleb sa dodatkom 10% melase



**Hleb sa dodatkom 10% sveže osmotski dehidrirane jabuke**



**Hleb sa dodatkom 30% sveže osmotski dehidrirane jabuke**



**Hleb sa dodatkom 10% sveže osmotski dehidrirane šljive**



**Hleb sa dodatkom 30% sveže osmotski dehidrirane šljive**



**Hleb sa dodatkom 10% sveže osmotski dehidrirane mrkve**



**Hleb sa dodatkom 30% sveže osmotski dehidrirane mrkve**



**Hleb sa dodatkom 10% sveže osmotski dehidriranog crvenog kupusa**

**Hleb sa dodatkom 30% sveže osmotski dehidriranog crvenog kupusa**

*Slika 18 Hlebovi sa dodatkom sveže osmotski dehidriranog voća/povrća*



**Kontrolni beli hleb**



**Hleb sa dodatkom 5% melase**



**Hleb sa dodatkom 10% melase**



**Hleb sa dodatkom 5% osmotski dehidrirane jabuke u prahu**



**Hleb sa dodatkom 10% osmotski dehidrirane jabuke u prahu**



**Hleb sa dodatkom 5% osmotski dehidrirane šljive u prahu**



**Hleb sa dodatkom 10% osmotski dehidrirane šljive u prahu**



**Hleb sa dodatkom 5% osmotski dehidrirane mrkve u prahu**



**Hleb sa dodatkom 10% osmotski dehidrirane mrkve u prahu**



**Hleb sa dodatkom 5% osmotski dehidriranog crvenog kupusa u prahu**



**Hleb sa dodatkom 10% osmotski dehidriranog crvenog kupusa u prahu**

*Slika 19 Hlebovi sa dodatkom osmotski dehidriranog voća/povrća u prahu*