



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKE NAUKE

**Hemometrijski pristup analizi osmotske  
dehidracije srebrnog karaša (*Carassius gibelio*)**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

Mentor:  
Prof. dr Ljubinko Lević

Kandidat:  
dipl. inž. Biljana Lončar

Novi Sad, 2015. godine

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska teza
Ime i prezime autora: AU	Biljana Lončar, dipl.inž.
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof.dr Ljubinko Lević, redovni profesor
Naslov rada: NR	Hemometrijski pristup analizi osmotske dehidracije srebrnog karaša ( <i>Carassius gibelio</i> )
Jezik publikacije: JP	Srpski jezik, latinica
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina
Godina: GO	2015
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad

Fizički opis rada: FO	7 poglavlja, 184 stranice, 45 slika, 53 tabele, 292 literaturna navoda
Naučna oblast: NO	Prehrambeno-biotehnoške nauke
Naučna disciplina: ND	Prehrambeno inženjerstvo
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Hemometrija, osmotska dehidracija, prenos mase, melasa šećerne repe, srebrni karaš
UDK	66.047.3:664.151.2:597.554.3]:543.068
Čuva se: ČU	Biblioteka Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu
Važna napomena: VN	Istraživanja obuhvaćena ovom doktorskom disertacijom finansirana su od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije-TR31055 (2011-2015)
Izvod: IZ	<p>Hemometrijskim metodama (deskriptivna statistika, analiza glavnih komponenti, veštačke neuronske mreže i fazi optimizacija) analizirani su rezultati procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša, sa ciljem unapređenja efikasnosti osmotskog tretmana i pronalaženja optimalnih tehnoloških parametara.</p> <p>Osmotski tretman se odvijao u tri osmotska rastvora (vodeni rastvor natrijum hlorida i saharoze, kombinacija vodenog rastvora natrijum hlorida i saharoze i melase i melasa šećerne repe) različitih koncentracija, na četiri temperature (10°C, 20°C, 35°C i 50°C) i pri tri vremena procesa (1, 3 i 5h). Posmatrani su sledeći odzivi sistema: gubitak vode, priraštaj suve materije, povećanje sadržaja suve materije, sniženje aktivnosti vode i promena sadržaja minerala (Na, K, Ca i Mg). Karakterizacijom osmotski dehidriranog ribljeg polupoizvoda, pojašnjeni su efekti osmotskog tretmana i inovativnog osmotskog rastvora na senzorne osobine, hemijski i mikrobiološki profil tretiranog mesa ribe. Rezultati ispitivanja pokazuju da se primenom procesa osmotske dehidracije povećava gubitak vode, priraštaj suve materije i sadržaj suve materije u svim uzorcima mesa srebrnog karaša. Za sva tri osmotska rastvora, najveće vrednosti dobijene su nakon 5 časova, pri najvišim temperaturama i</p>

	<p>u najvećim koncentracijama rastvora. Povećavanjem temperature procesa, koncentracije rastvora i vremena trajanja procesa, povećan je sadržaj posmatranih minerala u tretiranom mesu ribe. Rezultati ANOVA testa pokazali su da na vrednosti posmatranih odziva statistički značajno utiču sva tri parametra: vreme, temperatura i koncentracija. PCA analizom procesa utvrđeno je da su pri izračunavanju prve glavne komponente najveći uticaj imale vrednosti svih odziva osim aw vrednosti, dok je ona najviše uticala na proračun druge glavne komponente. Iako su modeli veštačkih neuronskih mreža kompleksniji od modela polinoma drugog reda, mreže su pokazale bolji učinak usled visoke nelinearnosti razvijenih sistema. Primenom fazi optimizacije postignute optimalne vrednosti procesnih parametara za vodeni rastvor natrijum hlorida i saharoze su bile na nižim temperaturama i nižim koncentracijama rastvora, dok su za rastvore sa melasom šećerne repe optimalne vrednosti na maksimumima posmatranih opsega temperature i koncentracije rastvora. Procesom osmotske dehidracije smanjen je inicijalni broj bakterija u mesu srebrnog karaša. Hemijskim i senzorskim analizama utvrđeno je da je melasa šećerne repe zbog svog kompleksnog nutritivnog sastava povoljnije je delovala na promenu hemijskog sastava i senzorne osobine uzoraka u odnosu na druga dva rastvora.</p>
Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP	13.12.2013.
Datum odbrane: DO	

<p>Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO</p>	<p>predsednik: dr Natalija Džinić, vanredni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad član: dr Ljubinko Lević, redovni profesor-mentor, Tehnološki fakultet, Novi Sad član: dr Ivan Pavkov, docent, član Poljoprivredni fakultet, Novi Sad član: dr Lato Pezo, naučni saradnik, član Institut za opštu i fizičku hemiju, Beograd</p>
---	--

**UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY**

**KEY WORD DOCUMENTATION**

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph.D. Thesis
Author: AU	Biljana Lončar, M.Sc
Mentor: MN	Ljubinko Lević, Ph.D., Full Professor
Title: TI	Chemometric approach to the analysis of osmotic dehydration of silver crucian carp ( <i>Carassius gibelio</i> )
Language of text: LT	Serbian language, Latin
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	AP Vojvodina
Publication year: PY	2015
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad

Physical description: PD	7 chapters, 184 pages, 45 figures, 53 tables, 292 references
Scientific field SF	Food-biotechnical Sciences
Scientific discipline SD	Food Engineering
Subject, Key words SKW	Chemometrics, osmotic dehydration, mass transfer, sugar beet molasses, silver crucian carp
UC	66.047.3:664.151.2:597.554.3]:543.068
Holding data: HD	Library of the Faculty of Technology, University of Novi Sad
Note: N	Research in this thesis was funded by Ministry of Education and Science of the Republic Serbia – TR31055 (2011-2015)
Abstract: AB	<p>Chemometric methods (descriptive statistics, principal components analysis, artificial neural networks and fuzzy optimization) were used to analyze the results of osmotic dehydration of silver crucian carp, with the aim of improving the efficiency of the osmotic treatment and finding the optimal technological parameters. The osmotic treatment was carried out in three osmotic solution (aqueous sodium chloride and sucrose solution, sugar beet molasses and the combination of these two solutions) of varying concentrations, at four temperatures (10°C, 20°C, 35°C and 50°C) and at three processing times (1, 3 and 5 h). The observed system responses were: water loss, solid gain, increase in dry matter content, reduction of water activity and changes in mineral content (Na, K, Ca and Mg). The characterization of dehydrated fish, explained the effects of osmotic treatment on its sensory properties, chemical and microbiological profile. Results have shown that the application of osmotic dehydration increases water loss, solid gain and dry matter content in all samples of fish meat. For all three osmotic solution, the highest values were obtained after 5h, at the highest temperatures and in the highest concentration of the solution. By increasing the process temperature, concentration and time, increased the mineral</p>

	<p>content in the fish meat. The results of the ANOVA test have shown that the values of the observed responses significantly affect all three parameters: time, temperature and concentration. PCA analysis process has found that on calculation of the first principal component all response values except <math>a_w</math> value had the greatest impact, while <math>a_w</math> value had the most influence on the calculation of the other major component. Although models of artificial neural network models are more complex than second order polynomial, the network showed better performance due to the high nonlinearity of the developed system. Application of fuzzy optimization obtained optimal values of the process parameters for aqueous solution of sodium chloride and sucrose were at lower temperatures and lower concentrations of the solution, while the solutions with molasses optimal values of the maxima observed ranges of temperature and solution concentration. The process of osmotic dehydration has reduced the initial number of bacteria in meat silver carp. Chemical and sensory analyzes have shown that the sugar beet molasses due to its complex nutritional composition has a better effect on changing the chemical composition and sensory characteristics of the samples.</p>
Accepted on Senate on: AS	13.12.2013.
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	<p>president: Natalija Džinić, Ph.D., Associate Professor, Faculty of Technology, Novi Sad member: Ljubinko Lević, Ph.D., Full Professor, Faculty of Technology, Novi Sad member: Ivan Pavkov, Ph.D., Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Novi Sad member: Lato Pezo, Ph.D., Research Associate, Institute of General and Physical Chemistry, Belgrade</p>



## **SPISAK TABELA**

- 1.Tabela 2.1.** Osnovni hemijski sastav pčelinjeg meda i melase šećerne repe (*Šušić i Sinobad, 1989*).
- 2.Tabela 2.2.** Sadržaj vitamina u melasi šećerne repe (*Šušić i sar., 1995*)
- 3.Tabela 2.3.** Hemijski sastav mesa različitih vrsta slatkovodnih riba (*Trbović i sar., 2011*).
- 4.Tabela 2.4.** Minimalne  $a_w$  vrednosti za aktivan rast mikroorganizama (*Vereš, 1991*)
- 5.Tabela 2.5.** Audit hazarda pri proizvodnji sušene soljene ribe (*Doe, 2002*)
- 6.Tabela 2.6.** Sadržaj esencijalnih aminokiselina u belančevinama različitog porekla, izražen u procentima (*Huss, 1995.*)
- 7.Tabela 2.7.** Miofibrilarni proteini riba (*Méndez i Abuín, 2012*)
- 8. Tabela 2.8.** Proizvodi od mesa sa sniženim sadržajem vode (*Bechtel, 2001*)
- 9.Tabela 3.1.** Osnovni hemijski sastav melase šećerne repe korišćene u istraživanju
- 10.Tabela 3.2.** Kodirane vrednosti tehnoloških parametara
- 11.Tabela 3.3** Potpuni faktorijalni eksperimentalni plan RSM metode za tri različita rastvora
- 12.Tabela 3.4.** Definicije deskriptora deskriptivne senzorske analize
- 13.Tabela 4.1.** Vrednosti odziva osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u rastvoru OR<sub>1</sub>
- 14.Tabela 4.2.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva WL, SG,  $a_w$  i DM za uzorke mesa srebrnog karaša tokom osmotske dehidracije u rastvoru OR<sub>1</sub>
- 15.Tabela 4.3.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa srebrnog karaša u rastvoru OR<sub>1</sub>
- 16.Tabela 4.4.** Vrednosti odziva osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>
- 17.Tabela 4.5.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva WL, SG,  $a_w$  i DM za uzorke mesa srebrnog karaša tokom osmotske dehidracije u rastvoru OR<sub>2</sub>
- 18.Tabela 4.6.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji srebrnog karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>
- 19.Tabela 4.7.** Vrednosti odziva osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u rastvoru OR<sub>3</sub>
- 20.Tabela 4.8.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva WL, SG,  $a_w$  i DM za uzorke mesa srebrnog karaša tokom osmotske dehidracije u rastvoru OR<sub>3</sub>
- 21.Tabela 4.9.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri procesu dehidracije mesa srebrnog karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>

- 22. Tabela 4.10.** Promena sadržaja mineralnih materija tokom osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>
- 23. Tabela 4.11.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva Na, K, Ca i Mg za uzorke mesa ribe tokom osmotske dehidracije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>
- 24. Tabela 4.12.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>
- 25. Tabela 4.13.** Promena sadržaja mineralnih materija tokom osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>
- 26. Tabela 4.14.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva Na, K, Ca i Mg za uzorke mesa ribe tokom osmotske dehidracije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>
- 27. Tabela 4.15.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>
- 28. Tabela 4.16.** Promena sadržaja mineralnih materija tokom osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>
- 29. Tabela 4.17.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva Na, K, Ca i Mg za uzorke mesa ribe tokom osmotske dehidracije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>
- 30. Tabela 4.18.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>
- 31. Tabela 4.19.** PCA analiza doprinosa promenljivih za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>
- 32. Tabela 4.20.** PCA analiza doprinosa promenljivih za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>
- 33. Tabela 4.21.** PCA analiza doprinosa promenljivih za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>
- 34. Tabela 4.22.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>
- 35. Tabela 4.23.** Koeficijenti determinacije,  $r^2$ , između eksperimentalnih vrednosti i ANN izlaza, tokom učenja, testiranja i validacije mreže za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>
- 36. Tabela 4.24.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>
- 37. Tabela 4.25.** Koeficijenti determinacije,  $r^2$ , između eksperimentalnih vrednosti i ANN izlaza, tokom učenja, testiranja i validacije mreže za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>
- 38. Tabela 4.26.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>
- 39. Tabela 4.27.** Koeficijenti determinacije,  $r^2$ , između eksperimentalnih vrednosti i ANN izlaza, tokom učenja, testiranja i validacije mreže za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>
- 40. Tabela 4.28.** Vrednosti optimalnih parametara za 100g osušenog materijala

- 41.Tabela 4.29.** Vrednosti optimizacionih funkcija, optimalni procesni parametri i ocene izlaznih veličina procesa osmotske dehidracije
- 42.Tabela 4.30.** Mikrobiološka analiza svežeg i osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša
- 43.Tabela 4.31.** Mikrobiološka analiza osmotskih rastvora pre i nakon procesa dehidracije
- 44.Tabela 4.32.** Osnovni hemijski sastav mesa srebrnog karaša pre i nakon osmotskog tretmana
- 45.Tabela 7.1.** Redni brojevi uzoraka dehidriranih u  $OR_1$  za grafički prikaz trendova pomoću PCA
- 46.Tabela 7.2.** Redni brojevi uzoraka dehidriranih u  $OR_2$  za grafički prikaz trendova pomoću PCA
- 47.Tabela 7.3.** Redni brojevi uzoraka dehidriranih u  $OR_3$  za grafički prikaz trendova pomoću PCA
- 48.Tabela 7.4.** Elementi of matrce  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_1$
- 49.Tabela 7.5.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_1$
- 50.Tabela 7.6.** Elementi of matrce  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_2$
- 51.Tabela 7.7.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_2$
- 52.Tabela 7.8.** Elementi of matrce  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_3$
- 53.Tabela 7.9.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_3$

## **SPISAK SLIKA**

- 1.Slika 2.1.** Šematski prikaz neuronske mreže sa tri sloja (*Petrović, 2011*)
- 2.Slika 2.2.** Melasa šećerne repe (<http://www.nordzucker>)
- 3.Slika 2.3.** Pojednostavljena šema prenosa mase tokom osmotske dehidracije materijala životinjskog porekla
- 4.Slika 2.4.** Tipovi mišića riba (<http://www.ss-veterinarska-zg.>)
- 5.Slika 2.5.** Struktura mišića (<http://sp.uconn.edu/>)
- 6. Slika 2.6.** Struktura mišićnog vlakna (<http://image.slidesharecdn.com>)
- 7.Slika 2.7.** Miomere i miosepte na primeru fileta lososa  
(<http://www.earthlife.net/fish/muscles.html>)
- 8. Slika 2.8.** Šematski prikaz ultrastrukture miofibrila (<http://images.slideplayer.com>)
- 9. Slika 2.9.** Srebrni karaš (*Carassius gibelio*)(*Kalous i sar., 2012*)
- 10. Slika 2.10.** Proizvodi od osmotski dehidriranog mesa (<http://www.prosafebeef>)
- 11. Slika 2.11.** Biskvitni kolači sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u melasi šećerne repe
- 12. Slika 3.1.** Izgled (a) i šema (b) eksperimentalnog postrojenja za diskontinualnu osmotsku dehidraciju (*Filipović, 2013*)
- 13. Slika 4.1.** Zavisnost gubitka vode iz osmotski dehidrirane ribe od:
  - a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> koncentracije 60% s.m.
  - b) vremena imerzije i koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub>, pri temperaturi procesa od 35°C
- 14. Slika 4.2.** Zavisnost gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša od:
  - a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70 % s.m.
  - b) vremena trajanja procesa i koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, pri temperaturi procesa od t=35°C
- 15. Slika 4.3.** Zavisnost gubitka vode iz osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:
  - a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> koncentracije 80% s.m.
  - b) vremena imerzije i koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, pri temperaturi procesa od 35°C
- 16. Slika 4.4.** Zavisnost priraštaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:
  - a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> koncentracije 60 % s.m.
  - b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.
- 17. Slika 4.5.** Zavisnost priraštaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:
  - a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70% s.m.
  - b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.
- 18.Slika 4.6.** Zavisnost priraštaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80% s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**19. Slika 4.7.** Zavisnost  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranih uzoraka mesa srebrnog karaša od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**20. Slika 4.8.** Zavisnost  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**21. Slika 4.9.** Zavisnost  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**22. Slika 4.10.** Zavisnost sadržaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**23. Slika 4.11.** Zavisnost sadržaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70% s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**24. Slika 4.12.** Zavisnost sadržaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**25. Slika 4.13.** Zavisnost sadržaja natrijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**26. Slika 4.14.** Zavisnost sadržaja natrijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**27. Slika 4.15.** Zavisnost sadržaja natrijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**28. Slika 4.16.** Zavisnost sadržaja kalijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**29. Slika 4.17.** Zavisnost sadržaja kalijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**30. Slika 4.18.** Zavisnost sadržaja kalijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**31. Slika 4.19.** Zavisnost sadržaja kalcijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> koncentracije 60% s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**32. Slika 4.20.** Zavisnost sadržaja kalcijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**33. Slika 4.21.** Zavisnost sadržaja kalcijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> koncentracije 80 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**34. Slika 4.22.** Zavisnost sadržaja magnezijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> koncentracije 60 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**35. Slika 4.23.** Zavisnost sadržaja magnezijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**36. Slika 4.24.** Zavisnost sadržaja magnezijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> koncentracije 80 % s.m.
- b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

**37. Slika 4.25.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidrataciju u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> na osnovu PCA:

- a) varijabilnost faktorskih kordinata
- b) raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

**38. Slika 4.26.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidrataciju u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> na osnovu PCA:

- a) varijabilnost faktorskih kordinata
- b) raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

**39. Slika 4.27.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidrataciju u rastvoru OR<sub>3</sub> na osnovu PCA:

- a) varijabilnost faktorskih kordinata
- b) raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

**40. Slika 4.28.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidrataciju u rastvorima OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> na osnovu PCA :

- a) varijabilnost faktorskih kordinata
- b) raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

**41. Slika 4.29.** Eksperimentalno izmerene i ANN modelom predviđene vrednosti za WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, i sadržaj Na, K, Ca i Mg, za osmotske rastvore OR<sub>1</sub> (■), OR<sub>3</sub> (○) i ▲ OR<sub>2</sub>

**42. Slika 4.30.** Analiza osetljivosti na male promene izlaza WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, izazvane promenama ulaza (t, T i c), za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>

- 43. Slika 4.31.** Analiza osetljivosti na male promene izlaza WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, izazvane promenama ulaza (t, T i c), za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>
- 44. Slika 4.32.** Analiza osetljivosti na male promene izlaza WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, izazvane promenama ulaza (t, T i c), za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>
- 45. Slika 4.33.** Senzorska ocena svežeg i osmotski dehidriranog mesa ribe, D1-boja, D2-aroma, D3-ukus i D4-zaostali ukus

**SADRŽAJ**

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	4
2.1. Hemometrijske analize procesa osmotske dehidracije .....	4
2.1.1. Deskriptivna statistika .....	4
2.1.2. Analiza glavnih komponenti, PCA- principal components analysis .....	5
2.1.3. RSM - Response Surface Methodology .....	6
2.1.4. Veštačke neuronske mreže-ANN modeli (Artificial Neural network) .....	9
2.1.5. Fuzzy optimizacija .....	13
2.2. Karakteristike procesa osmotske dehidracije .....	14
2.2.1. Uticaj različitih faktora na proces osmotske dehidracije .....	15
2.2.1.1. Parametri produkta .....	15
2.2.1.2. Temperatura osmotskog rastvora .....	16
2.2.1.3. Radni pritisak .....	16
2.2.1.4. Dužina trajanja procesa .....	17
2.2.1.5. Odnos osmotskog rastvora i materijala .....	18
2.2.1.6. Mešanje rastvora tokom procesa osmotske dehidracije .....	18
2.2.1.7. Koncentracija osmotskog rastvora .....	19
2.2.1.8. Priroda hipertoničnog rastvora .....	19
2.2.2. Melasa šećerne repe .....	20
2.2.3. Mehanizam osmotske dehidracije .....	24
2.2.3.1. Osmotski pritisak .....	24
2.2.3.2. Prenos mase tokom osmotske dehidracije .....	25
2.3. Karakteristike sirovine .....	26
2.3.1. Osnovne odlike strukture mesa ribe .....	27
2.3.2. Specifičnosti strukture mišića riba koje utiču na proces osmotske dehidracije .....	31
2.3.3. Hemijski sastav mesa riba .....	32
2.3.3.1. Voda .....	32
2.3.3.1.1. Aktivnost vode .....	36
2.3.3.2. Proteini .....	39
2.3.3.3. Nепroteinske azotne materije .....	43
2.3.3.4. Masti .....	43
2.3.3.5. Neorganske materije .....	44
2.3.3.6. Vitamini .....	44



2.3.3.7. Ugljeni hidrati .....	45
2.3.4. Srebrni karaš ( <i>Carassius gibelio</i> ).....	45
2.3.5. Upotrebna vrednost osmotski dehidriranih proizvoda.....	48
3. EKSPERIMENTALI DEO .....	51
3.1. Materijal.....	51
3.2. Eksperimentalni postupak osmotske dehidracije .....	52
3.3. Proračuni parametara osmotske dehidracije potrebni za hemometrijsku analizu .....	56
3.4. Proračuni za metodu odzivne površine .....	56
3.5. Metode istraživanja.....	59
3.5.1. Hemometrijske metode .....	59
3.5.2. Metode određivanja $a_w$ vrednosti.....	59
3.5.3. Metode mikrobioloških analiza.....	60
3.5.4. Metode analiza hemijskog sastava.....	60
3.5.5. Metode deskriptivne senzorske analize .....	61
4. REZULTATI I DISKUSIJA.....	63
4.1. Hemometrijska analiza uticaja tehnoloških parametara na proces osmotske dehidracije srebrnog karaša ( <i>Carassius gibelio</i> ).....	63
4.1.1. Matematičko modelovanje odziva osmotske dehidracije karaša <i>RSM</i> metodom ....	63
4.1.1.1. Utvrđivanje matematičkih modela odziva procesa osmotske dehidracije <i>RSM</i> metodom .....	71
4.1.1.2. Matematički modeli procesa osmotske dehidracije u rastvorima $OR_1$ , $OR_2$ i $OR_3$ za $WL$ , $SG$ , $a_w$ i $DM$ .....	71
4.1.1.3. Gubitak vode iz uzoraka osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	74
4.1.1.4. Priraštaj suve materije u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.....	77
4.1.1.5. Aktivnosti vode $a_w$ u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša ....	81
4.1.1.6. Sadržaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.....	85
4.1.2. Matematičko modelovanje promene sadržaja mineralinih materija nakon procesa osmotske dehidracije srebrnog karaša <i>RSM</i> metodom.....	90
4.1.2.1. Utvrđivanje matematičkih modela promene sadržaja $Na$ , $K$ , $Ca$ i $Mg$ nakon procesa osmotske dehidracije <i>RSM</i> metodom .....	99
4.1.2.2. Matematički modeli procesa osmotske dehidracije u rastvorima $OR_1$ , $OR_2$ i $OR_3$ za promenu sadržaja $Na$ , $K$ , $Ca$ i $Mg$ .....	99
4.1.2.3. Promena sadržaja natrijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	102
4.1.2.4. Promena sadržaja kalijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	106

4.1.2.5. Promena sadržaja kalcijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	110
4.1.2.6. Promena sadržaja magnezijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	114
4.1.3. Analiza glavnih komponenata (PCA analiza).....	119
4.1.3.1. Poređenje osmotskog tretmana mesa srebrnog karaša u tri osmotska rastvora (OR <sub>1</sub> , OR <sub>2</sub> i OR <sub>3</sub> ) .....	123
4.1.4. Veštačke neuronske mreže.....	125
4.1.4.1. Simulacija veštačkih neuronskih mreža.....	132
4.1.5. Analiza osetljivosti (Sensitivity analysis).....	135
4.1.6. Fazi (fuzzy) optimizacija .....	139
4.2. Karakterizacija osmotski dehidriranog poluproizvoda .....	143
4.2.1. Mikrobiološka analiza osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	143
4.2.1.1. Promena ukupnog broja bakterija u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima.....	146
4.2.1.2. Određivanje <i>Escherichia coli</i> u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima.....	146
4.2.1.3. Određivanje koagulaza pozitivne stafilokoke u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima.....	147
4.2.1.4. Određivanje sulfitoredujućih klostridija u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima.....	147
4.2.2. Hemijska analiza osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.....	148
4.2.3. Senzorska analiza osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša .....	150
5. ZAKLJUČCI.....	153
6. LITERATURA .....	156
7. PRILOG .....	179

## **1. UVOD**

Hemometrija je interdisciplinarna naučna oblast koja obuhvata višeparametarsku statističku analizu, matematičko modelovanje, informatičke metode i analitičku hemiju. Razvojem različitih hemometrijskih metoda, omogućeno je dobijanje pouzdanih modela za predviđanje nepoznatih vrednosti, reprodukciju poznatih eksperimentalnih podataka i klasifikaciju jedinjenja.

Za hemometrijsku analizu rezultata procesa osmotske dehidracije od višeparametarskih matematičkih metoda najčešće se primenjuju: deskriptivna statistika (descriptive statistics), analiza glavnih komponenti (principal components analysis – PCA), metoda odzivne površine (Response Surface Methodology-RSM), veštačke neuronske mreže (artificial neural network-ANN) i fazi optimizacija (Fuzzy optimisation).

Osmotska dehidracija se primenjuje samostalno ili u kombinaciji se drugim metodama sušenja sa ciljem smanjenja sadržaja vode u hrani uz povećanje njene održivosti. Osmotskim tretmanom se delimično uklanja voda iz uzoraka biljnog i životinjskog porekla. Proces dehidracije se bazira na potapanju materijala u hipertonični rastvor, a pogonska sila za prenos mase vode i rastvorenih materija je razlika osmotskih pritisaka rastvora i sirovine.

Mnogi faktori utiču na efikasnost procesa osmotske dehidracije kao što su: predtretman, temperatura rastvora, pritisak, priroda i koncentracija osmotskog agensa, mešanje rastvora, geometrija, fizičko-hemijska svojstva i struktura tretiranog materijala, odnosa masa uzorka i osmotskog rastvora. Izbor adekvatnog hipertoničnog rastvora je veoma važan faktor, koji određuje stopu difuzije tokom procesa i u velikoj meri utiče na senzorne osobine i kvalitet dehidriranog proizvoda.

Zbog brojnih prednosti u odnosu na tradicionalne metode sušenja hrane (niska radna temperatura, uklanjanje vode u tečnom obliku, poboljšanja i održanja faktora kvaliteta proizvoda, mogućnost ponovne upotrebe rastvora, skraćanje vremena sušenja, energetska efikasnost i ekološka prihvatljivost) proces osmotske dehidracije se sve više primenjuje u prehrambenoj industriji kao metoda konzervisanja.

Melasa šećerne repe je kompleksni sistem promenljivog hemijskog sastava, sadrži preko 200 različitih neorganskih i organskih jedinjenja. Poređenjem hemijskog sastava pčelinjeg meda i melase utvrđeno je da melasa sadrži manje šećernih komponenti od meda za oko 25%, ali ona ima daleko više supstanci važnih za ishranu ljudi, poput: belančevina i drugih aktivnih azotnih jedinjenja, mineralnih materija i vitamina, naročito vitamina B kompleksa.

Visok sadržaj suve materije (preko 80%), specifičan sastav hranljivih materija, niski troškovi i energetske potrebe su glavni razlozi zašto je mrki i viskozni nusprodukt industrije šećera tako koristan osmotski rastvor.

Za osmotsku dehidraciju sirovina animalnog porekla kao hipertonični rastvori najčešće se koriste binarni (natrijum hlorid, saharoza) ili ternarni (natrijum hlorid-saharoza, natrijum hlorid-kukuruzni sirup) koncentrovani vodeni rastvori.

Meso ribe je veoma važna namirnica u ljudskoj ishrani, ali je lako kvarljiva. Velik sadržaj vode i visoka  $a_w$  vrednost čine meso ribe pogodnom sredinom za razvoj mikroorganizama. U cilju povećanja održivosti, riba se obično usoljava, marinira i konvektivno suši u direktnom ili indirektnom kontaktu sa agensom za sušenje.

*Carassius gibelio*, srebrni karaš ili babuška, rasprostranjena je i veoma adaptivna riba, brojna u skoro svim vodama i crnomorskog i jadranskog sliva. Ova riba je zastupljena u gotovo svim ribnjacima, gde je konkurentna vrsta šaranskoj populaciji, pa samim tim i nepoželjna, jer smanjuje priraštaj šarana i povećava ekonomske troškove. U Republici Srbiji srebrni karaš nije omiljena riba, zbog velikog broja sitnih kostiju. Međutim, srebrni karaš ima izuzetno hranjivo meso.

U svetu postoje projekti koji promovišu iskorišćenje mesa nepopularnih vrsta riba za proizvodnju različitih snek proizvoda. Najčešće konzumirani snek proizvodi od žitarica i krompira označeni su kao nezdrava hrana zbog visokog sadržaja ulja, soli i ugljenih hidrata, niskog sadržaja proteina, vitamina i drugih nutrijenata, a uz to predstavljaju izuzetno kaloričnu hranu.

Zdrav način ishrane, težnja ka povećanom unosu količine proteina i smanjenom unosu ugljenih hidrata usmerile su pažnju potrošača ka snek proizvodima od mesa. Prehrambena

industrija ima zadatak da razvije nove, unapređene proizvode, koji će zadovoljiti potrebu savremenog potrošača za sneg hranom bez negativnih efekata na zdravlja.

Novija istraživanja potvrdila su mogućnost primene melase šećerne repe za osmotsku dehidraciju različitog materijala biljnog porekla i mesa svinjske plečke. Ova istraživanja podstakla su ideju o ispitivanju učinka ovog polikomponentnog medijuma na dehidraciju ribe, jer melasa kao osmotski rastvor ne samo doprinosi smanjenju sadržaja vode u uzorku već i unapređuje njegov nutritivni profil.

Imajući u vidu da nema podataka o osmotskom tretmanu mesa ribe u melasi, planirano je da se osmotski dehidrira meso srebrnog karaša u rastvorima melase šećerne repe, rastvorima saharoze i natrijum hidrida, kao i u kombinovanim rastvorima (melasa, natrijum hlorid, saharoza).

Ciljevi istraživanja u okviru ove disertacije obuhvatiće četiri celine:

1. Ispitivanje uticaja prirode i koncentracije hipertoničnih rastvora, temperature i vremena imerzije na kinetiku prenosa mase tokom procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša.
2. Analizu uticaja prirode i koncentracije hipertoničnih rastvora, temperature i vremena imerzije na promenu sadržaja minerala (Na, K, Ca i Mg) u toku procesa osmotske dehidracije mesa ribe.
3. Hemometrijsku analizu i optimizaciju procesa, sa ciljem unapređenja efikasnosti osmotskog tretmana i pronalazjenja optimalnih tehnoloških parametara. Pri hemometrijskoj analizi rezultata posmatraće se sledeći odzivi sistema: gubitak vode, priraštaj suve materije, povećanje sadržaja suve materije, sniženje aktivnosti vode ( $a_w$  vrednosti) i promena sadržaja mineral (Na, K, Ca i Mg) u uzorcima mesa ribe.
4. Karakterizaciju osmotski dehidriranog ribljeg polupoizvoda, kako bi se pojasnili efekti osmotskog tretmana i inovativnog osmotskog rastvora (melase šećerne repe) na senzorne osobine, hemijski i mikrobiološki profil tretiranog mesa srebrnog karaša.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Hemometrijske analize procesa osmotske dehidracije

Naziv hemometrija je prvi put upotrebljen 1971. godine, a odnosi se na interdisciplinarnu naučnu oblast, koja uključuje višeparametarsku statističku analizu, matematičko modelovanje, informatičke metode i analitičku hemiju. Primenom matematičkih, informatičkih i statističkih metoda, ostvaruje se efikasno i jednostavno određivanje fizičko-hemijskih osobina, predviđanje ponašanja ili klasifikovanje jedinjenja, u neku od kategorija, na osnovu podataka o njihovoj molekulskoj strukturi (*Wold, 1995; Gemperline, 2006*).

Za uspostavljanje validnih matematičkih relacija neophodno je sve informacije pretvoriti u numeričke i logičke vrednosti, a matematički obrazac se modeluje pomoću osnovnog skupa ulaznih podataka dobijenih eksperimentalnim putem.

Proteklih 30 godina, razvijene su različite hemometrijske metode, koje omogućavaju dobijanje pouzdanih modela za predviđanje nepoznatih vrednosti, reprodukciju poznatih eksperimentalnih podataka i klasifikaciju jedinjenja (*Rančić, 2013*).

Neke od glavnih oblasti primene hemometrije uključuju (*Gemperline, 2006*):

1. Kalibraciju, validaciju i test značajnosti,
2. Optimizaciju hemijskih merenja i eksperimentalnih postupaka,
3. Pronalaženje maksimalne hemijske informacije na osnovu analitičkih podataka.

U okviru ove doktorske teze, od višeparametarskih matematičkih metoda primenjene su: deskriptivna statistika (descriptive statistics), analiza glavnih komponenti (principal components analysis – PCA), veštačke neuronske mreže (artificial neural network- ANN) i fazi optimizacija (Fuzzy optimisation).

#### 2.1.1. Deskriptivna statistika

Deskriptivna statistika je upotrebljena za kvantitativno opisivanje proučavanih osobina kako bi se opisali podaci i sagledali njihovi međusobni odnosi. Rezultati su prikazani u formatu: srednja vrednost ± standardna devijacija, urađena su po tri merenja za svaki uzorak.

Rezultati su interpretirani na osnovu Tukey-evog HSD testa, na nivou značajnosti  $p < 0,05$ , pri nivou poverenja od 95%. Tukey-ev HSD (*honestly significant distance*) test pokazuje koliko treba da su udaljene bilo koje dve srednje vrednosti da bi bile statistički različite. Za razliku dve srednje vrednosti veću od standardne devijacije (SD), ovim testom se dokazuje da je statistički značajna. Tukey-evim HSD testom podataka dobijenih različitim laboratorijskim merenjima, ustanovljeno je da je većina uzoraka statistički značajno različita na nivou  $p < 0,05$ , čime je dokazano da su ispitivani uzorci dovoljno raznoliki da bi se pristupilo statističkoj analizi i matematičkom modelovanju.

Deskriptivna statistička analiza, uz pomoć *Microsoft Excel 2007 softvera*, primenjena je za izračunavanje srednjih vrednosti, standardne devijacije i varijanse promenljivih.

### **2.1.2. Analiza glavnih komponenti, PCA- principal components analysis**

Termin analiza glavnih komponenti se odnosi na matematičku metodu za analizu podataka u kojoj se formiraju linearni višeparametarski modeli na osnovu kompleksnog seta podataka. Linearni višeparametarski PCA modeli razvijaju se primenom ortogonalnih baznih vektora, koji se obično nazivaju glavne komponente (*Thielemans i Massart, 1985*).

PCA je višeparametarska matematička metoda u kojoj se ispituju korelacije između promenljivih, a na osnovu toga se broj promenljivih smanjuje i određuju se nove, faktorske koordinate. Ove transformacije (preslikavanja) koordinata izvode se tako da prva faktorska koordinata pokriva najveću moguću varijansu sistema, a analiza se koristi da se obezbedi najveće moguće razdvajanje između grupa (klastera) koje definišu promenljive. Ova metoda prepoznavanja sličnosti među grupama uzoraka se ovde koristi za karakterizaciju i razdvajanje uzoraka na osnovu uočenih osobina uzoraka (tj. na osnovu eksperimentalnih merenja svih promenljivih veličina koje se pripisuju određenom uzorku).

PCA omogućava značajno smanjivanje broja promenljivih, kao i detektovanje nekih strukturnih zavisnosti koje postoje između eksperimentalno merenih veličina i različitih uzoraka, što daje sveobuhvatniju sliku kako se proces osmotskog tretmana odigrava. "Auto - skaliranje" se vrlo često koristi za višeparametarsko poređenje različitih kompleksnih uzoraka hrane, pri čemu se uzorci ocenjuju (rangiraju) na osnovu srednje vrednosti i standardne devijacije grupe uzoraka. Pošto jedinice, kao ni skale različitih promenljivih koje opisuju poređene uzorke hrane nisu iste, potrebno je transformisati podatke svih merenja u tzv. standardne ocene, bezdimenzionalne

vrednosti koje se dobijaju iz srednje vrednosti eksperimentalnih (merenih) vrednosti određene veličine za dati uzorak, podeljene sa standardnom devijacijom grupe uzoraka, prema jednačini:

$$\text{Standardna ocena} = (x - \mu)/\sigma \quad [2.1]$$

pri čemu je  $x$  mereni podatak,  $\mu$  srednja vrednost grupe podataka, i  $\sigma$  standardna devijacija.

Celokupan skup podataka se uvodi u PCA analizu u obliku "auto-skalirane" matrice. (Prior i sar., 2005; Sun i Tanumihardjo, 2007).

PCA ortogonalno transformiše eventualno korelisane podatke u skup linearno nekorelisanih promenljivih (glavne komponente). Faktorske koordinate nastaju linearnim transformacijama originalnih promenljivih, tako da prvih nekoliko osnovnih komponenti sadrže veći deo varijabilnosti originalnog seta podataka. Transformacija je definisana tako da prva glavna komponenta ima najveću moguću varijansu (odnosno najveću moguću varijabilnost podataka), a svaka naredna komponenta ima najveću moguću varijansu pod uslovom da bude ortogonalna (tj. u korelaciji) u odnosu na prethodne komponente.

Najjednostavnija vrsta PCA deli kovarijansne (odnosno korelacione) matrice na tzv. svojstvene vrednosti (engl. Eigenvalues), obično posle centriranja srednjih vrednosti (i normalizacije) matrica za svaku promenljivu. Sopstvena vrednost meri količinu varijacije koja je opisana pomoću faktorskih koordinata, pri čemu najveći uticaj ima prva osnovna komponenta, a svaka sledeća manji. Sopstvena vrednost veća od 1 ukazuje da PCA uračunava više varijansi nego originalne promenljive, tako da se obično za tumačenje koriste samo te faktorske koordinate. Rezultati PCA analize se obično tumače na osnovu doprinosa (engl. score) promenljivih u komponentama. PCA je najzastupljenija multivarijaciona analiza koja otkriva međusobni odnos podataka na način koji najbolje objašnjava njihovu varijansu (Abdi i Williams, 2010). PCA često se primenjuje za analizu rezultata osmotske dehidracije (Koprivica, 2013, Cvetković, 2014, Lončar i sar., 2014).

PCA i korelaciona analiza su urađene primenom *StatSoft Statistica 10* programa.

### 2.1.3. RSM - Response Surface Methodology

Metoda RSM je razvijena od strane *Box-a i Draper-a (1987)*, a predstavlja skup matematičkih i statističkih postupaka, koji se primenjuju za formiranje empirijskih modela i analizu procesa. Cilj metode je da se na osnovu pažljivo odabranog eksperimentalnog plana



optimizuju odzivi sistema ( $y$ ) koji zavise od više nezavisno promenljivih parametara ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) kako bi se redukovali troškovi realizacije velikog broja eksperimenata (Montgomery, 2005).

Primena RSM metode obuhvata tri glavne oblasti: dizajn eksperimenta, fitovanje modela i optimizaciju procesa (Stoyanov i Walmsley, 2006).

Najčešće je odzivna funkcija  $y$  nepoznata, pa se u opštem obliku može napisati (Mayers i Montgomery, 2002):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + e \quad [2.2]$$

gde su  $x_1, x_2, \dots, x_k$  nezavisno promenjive veličine,  $y$  je odziv ili zavisno promenjiva veličina, a  $e$  predstavlja ostale uticajne faktore koji nisu obuhvaćeni funkcijom  $f$  (greška merenja, uticaj drugih faktora koji ne ulaze u RSM jednačine...). Promenjive  $x_1, x_2, \dots, x_k$  u jednačini [2.2] se obično predstavljaju pravim vrednostima (npr. 20°C), jer su izražene u mernim jedinicama date nezavisno promenjive. Prilikom primene RSM metode koriste se kodirane vrednosti ulaznih veličina koje su uglavnom bezdimenzione i tada funkcija ima oblik:

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad [2.3]$$

Svaka od jednačina naziva se funkcija odziva, a njen geometrijski prikaz je odzivna površina (Cox i Reid, 2000; Montgomery i Runger 2003). Odzivi sistema se predstavljaju grafički preko prostornih površina ili preko dvodimenzionalnih konturnih grafika.

Kritična tačka prilikom primene RSM metode je izbor odgovarajućeg eksperimentalnog plana. Najčešće korišćeni eksperimentalni planovi u istraživanjima su: Box-Behnken dizajn (BBD), centralni kompozitni plan (CCD), potpuni eksperimentalni plan i dr.

Polinom se pokazao kao odgovarajući oblik odzivne funkcije, s obzirom da se kvalitet fitovanja eksperimentalnih podataka može poboljšati povećanjem stepena polinoma. U većini slučajeva se koriste polinomi prvog ili drugog stepena. Modeli dobijeni na ovakav način su posebno pogodni za rešavanje optimizacionih problema, jer opisuju interakcije velikog broja faktora, a i procena kvaliteta fitovanja polinomskih modela se može lako odrediti (Ikonić, 2011). Nemogućnost predviđanja vrednosti odziva izvan ispitivanog opsega procesnih parametara je glavni nedostatak primene polinomskih modela.

Najjednostavniji polinom koji se može primeniti je polinom prvog reda koji u obzir uzima samo linearne uticaje pojedinačnih faktora:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad [2.4]$$

Ukoliko postoji interakcija između ispitivanih faktora, jednačina dobija sledeći oblik:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad [2.5]$$

Ako je krajnji cilj postupka optimizacija procesa onda je neophodno koristiti polinome drugog reda za opisivanje odabranih odziva. Tada svaki od posmatranih procesnih parametara mora da ima tri ili pet nivoa vrednosti u zavisnosti od primenjenog eksperimentalnog plana. Polinom drugog stepena sa dve promenjive ima oblik:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad [2.6]$$

Polinom drugog stepena se često koristi u RSM i ima sledeće prednosti:

- Polinom drugog stepena je fleksibilna funkcija i može imati različite oblike;
- Parametri jednačine ( $\beta_i$ ) se jednostavno određuju. Metoda najmanjih kvadrata se može primeniti u ovu svrhu.

Osnovni cilj primene RSM je određivanje optimalnih parametara za opisivanje datog procesa. Ukoliko ima više odziva koje je potrebno optimizovati neophodno je naći kompromisno rešenje, tj. naći optimalne uslove za koje će svi posmatrani odzivi biti u definisanom opsegu (Oehlert, 2000). Drugi cilj primene RSM je utvrđivanje promene odziva sistema sa malom promenom procesnih parametara.

Osnovna prednost RSM je u tome što je potreban manji broj eksperimentalnih podataka da bi se obezbedio dovoljan broj informacija za određivanje statistički validnih rezultata. RSM jednačine opisuju parametre sistema i njihov uticaj na posmatrane odzive sistema, određuju međuzavisnosti testiranih promenljivih i ispituju kombinovane efekte parametara procesa na posmatrane odzive, omogućavajući da se na efikasan način istraži proces.

Metoda odzivne površine (RSM) efikasna je pri optimizaciji tehnoloških procesa, uključujući i osmotsku dehidraciju. Brojni radovi svedoče o uspešnoj primeni ove metode za modelovanje i optimizaciju procesa osmotske dehidracije različitih sirovina animalnog i biljnog porekla: mesa soma (Suezilde da Conceição i sar., 2004), kockica svinjskog mesa, (Ćurčić i sar., 2013; Filipović i sar., 2013), kajsije (Yadav i sar., 2012), pomorandže (Khatir i

sar., 2013), mrkve (Singh i sar., 2007; Mišljenović i sar., 2012), krompira (Eren-a i Kaymak-Ertekin-a, 2007) i različitih poljoprivrednih kultura (Madamba, 2002).

#### 2.1.4. Veštačke neuronske mreže-ANN modeli (Artificial Neural network)

Neuronske mreže su složeni sistemi za proračun sačinjeni od više jednostavnih elemenata (neurona) koji istovremeno obrađuju podatke. Funkcije koje su ANN u stanju da obrađuju zavise od strukture mreže, a obrada podataka se izvodi u „neuronima”. Veštačke mreže “uče” iz setova podataka na osnovu kojih se formira algoritam metodom proba-greška, pri čemu se podešavaju propusni (tzv. težinski) koeficijenti između neurona. Obučavanje neuronskih mreža se svodi na učenje iz primera kojih bi trebalo da bude što više kako bi ANN bila preciznija. Podaci iz skupa za učenje se periodično propuštaju kroz mreže, a kasnije se dobijene vrednosti upoređuju sa očekivanim i poboljšavaju menjanjem težinskih koeficijenata.

Pri razvijanju ANN modela se, prema preporuci iz programa StatSoft Statistica, baza podataka merenih vrednosti nasumično deli (randomize funkcijom) na podatke za učenje (60%), proveru (20%) i testiranje neuronske mreže (20%). Deo podataka koji služe za proveru koristi se za testiranje performanse mreže u toku procesa učenja kao indikatora nivoa generalizacije i momenta kada je taj proces završen. Podaci za testiranje služe za ispitivanje sposobnosti generalizacije mreže.

Zbog zahteva algoritma koji se koristi u proračunu ANN, ulazni i izlazni podaci se uobičajeno normalizuju korišćenjem jednačine [2.7] u kojoj je  $q_i$   $i$ -ti član koji predstavlja izmerene vrednosti WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg:

$$q_{i\text{norm.}} = \frac{q_i - \min(q_i)}{\max(q_i) - \min(q_i)} \quad [2.7]$$

Normalizovane promenljive imaju vrednosti između 0 i 1, i nemaju nikakvo fizičko značenje. Svrha ovih transformacija je promena raspodele ulaznih promenljivih, kako bi se bolje uklopila u raspodelu previdenih izlaza. Na ovaj način se ubrzava faza učenja mreže (Tschegg i sar., 2009).

Neuroni u mreži su organizovani u dva ili više slojeva, gde je prvi sloj ulazni, poslednji izlazni, a unutrašnji skriveni sloj (Slika 2.1.). Radi razvijanja adekvatne ANN neophodno je

izabrati optimalan broj skrivenih slojeva i optimalan broj neurona u njima. Više skrivenih slojeva može dovesti do problema lokalnih minimuma i sporije konvergencije u toku faze učenja mreže, daleko je povoljnija primena samo jednog sloja. Organizacija slojeva i način njihovog povezivanja specifična je za svaki zadatak (*Peters i Iberg, 1978; Petrović, 2011*).

U okviru ove doktorske disertacije primenjeni su višeslojni perceptron modeli (*Multi-Layer Perceptron - MLP*) koji se sastoje od ukupno tri sloja (ulaznog, skrivenog i izlaznog), a predstavljaju najuobičajeniju i najfleksibilniju mrežu. Istraživanja su pokazala da su ovi modeli pogodni za aproksimiranje nelinearnih zavisnosti (*Taylor, 2006; Nourani i Fard, 2012; Arsenović i sar., 2013*). Informacija se prenosi između slojeva uz pomoć prenosnih i aktivacionih funkcija, koje su uobičajeno linearne za ulazne i izlazne slojeve, a nelinearne u skrivenom sloju. Najčešće nelinearne aktivacione funkcije koje se koriste pri računanju ANN u StatSoft Statistica program su: logaritamske, sigmoidalne, hiperboličke i tangentne funkcije (takođe i eksponencijalne, sinusne, softmax, Gausove). U većini primena, hiperboličke tangentne funkcije se ponašaju bolje od ostalih (*Taylor, 2006*).

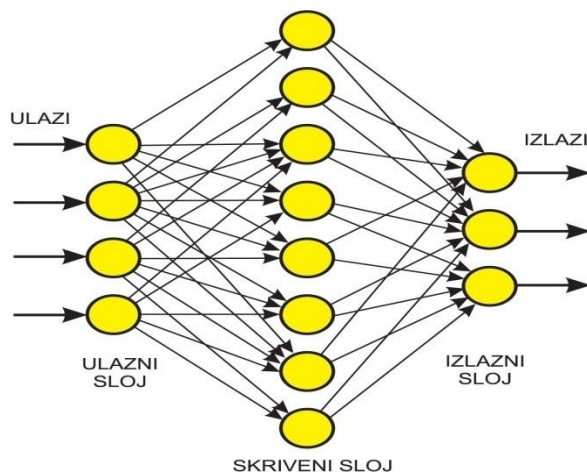
MLP neuronske mreže „uče“ primenom povratnog prostiranja (*backpropagation*), pri čemu se rešavanje skupa nelinearnih jednačina ostvaruje upotrebom *Levenberg–Marquardt* algoritma. Ova topologija ANN je jedna od najčešće korišćenih i proučavanih za različite inženjerske primene.

Srednja kvadratna greška u izračunatoj vrednosti nekog izlaza se šalje unazad kroz sistem neurona, pri čemu dolazi do proporcionalnih promena vrednosti težinskih koeficijenata (*weights*) i netačnosti računanja (*biases*), koje se povećavaju ili smanjuju, u zavisnosti od pravca greške u predviđanju izlaza u odnosu na eksperimentalnu vrednost, sa ciljem njenog minimiziranja. Kada su ove vrednosti izmenjene, ulazni podatak vezan za drugi uzorak ulazi u sistem i proces se ponavlja.

Cilj je da se obradi što veći broj uzoraka u fazi učenja, kako bi se obezbedio najviši kvalitet izlaznih veličina u odnosu na ulazne, kada je model razvijen sa najnižim vrednostima SOS (sume kvadrata razlika), čime se postiže optimizacija (*Hornik i sar., 1989; Grieu i sar., 2005; Taylor i sar., 2006; Tschegg i sar., 2009; Grieu i sar., 2011; Nourani i Fard., 2012; Arsenović i sar., 2013; Ćurčić i sar., 2014*).

Da bi se izbegla prekomerna specijalizacija modela, primenjuje se postupak ranog zaustavljanja učenja mreže, koji je inkorporiran u postupak učenja, u trenutku kada se dobiju

najmanje vrednosti SOS (Sum of Squares). Ovako dobijeni modeli tipično imaju veliku prediktivnu tačnost na skupu primera za učenje, a značajno nižu na novim, nepoznatim primerima podataka, ili testnom skupu podataka (*Fedajev i Mihajlović, 2009*).



**Slika 2.1.** Šematski prikaz neuronske mreže sa tri sloja (*Petrović, 2011*)

Prvobitna procena potrebnog broja neurona dobija se na osnovu jednačine u kojoj  $x$  i  $y$  predstavljaju broj ulaznih i izlaznih neurona respektivno, dok je  $n$  broj neurona u skrivenom sloju, a  $m$  broj težinskih koeficijenata odnosno veza između slojeva u neuronskoj mreži (*Charalambous, 1992; Demuth i Beale, 1992*):

$$m = n \cdot (x + 1) + y \cdot (n + 1) \quad [2.8]$$

$m$  se okvirno može smatrati brojem uzoraka korišćenih za učenje mreže podeljenim sa 10. Preporuke su da broj skrivenih neurona bude između broja ulaza i izlaza, ili  $2/3$  veličine ulaznog sloja plus veličina izlaznog sloja, ili manje od duplog broja ulaznih podataka (*Demuth i Beale, 1992*). Utvrđivanje odgovarajućeg broja skrivenih slojeva i neurona je jedan od najvažnijih zadataka pri dizajniranju ANN. Ovi brojevi zavise od kompleksnosti veza između ulaza i izlaza (*Taylor, 2006*).

Osim vrednosti SOS, kao parametar za proveru performanse mreža upotrebljen je korelacioni koeficijent,  $r$ . Nakon odabira najbolje mreže, model se može implementirati korišćenjem algebarskog sistema jednačina radi predviđanja vrednosti WL, SG, aw, DM, Na, K,

Ca i Mg, zamenom odgovarajućih težinskih koeficijenata i koeficijenata u matricama u jednačini [2.9]. Proračune je moguće izvesti u *Microsoft Office Excel*-u. Težinski koeficijenti vezani za skriveni sloj, kao i računске greške odnosno ostaci pri računanju, su grupisani u matricama  $W_1$  i  $B_1$ . Slično tome, koeficijenti koji se odnose na izlazni sloj su grupisani u matricama  $W_2$  i  $B_2$ . Ako je  $Y$  matriks izlaznih promenljivih,  $f_1$  i  $f_2$  prenosne funkcije u skrivenom i izlaznom sloju respektivno, a  $X$  matriks ulaznih promenljivih, ANN se može predstaviti na sledeći način (Fedajev i Mihajlović, 2009):

$$Y = f_1(W_2 \cdot f_2(W_1 \cdot X + B_1) + B_2) \quad [2.9]$$

Težinski koeficijenti prenosnih funkcija neurona u matricama  $W_1$  i  $W_2$  se određuju tokom obučavanja mreže korišćenjem optimizacije radi minimizovanja grešaka između izlaza predviđenih mrežom i eksperimentalnih podataka (Charalambous i sar., 1992; Demuth i sar., 1992). Greške se računaju na osnovu SOS i BFGS (Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno) algoritma, da bi se konvergencija ubrzala i stabilizovala (Kollo i Von Rosen, 2005).

ANN predstavljaju univerzalne modele koji mogu da koriste bilo koje linearne ili nelinearne funkcije. Zbog fleksibilnosti u aproksimaciji funkcija, to su moćne metode u zadacima koji uključuju klasifikaciju modela, procenu i predviđanje kontinualnih promenljivih. Međutim, glavni nedostatak ANN je teškoća u interpretaciji stečenog znanja na osnovu modela. Ukratko, ANN model funkcioniše kao „crna kutija“, odnosno ne govori o tome kako su dobijeni izlazi u modelu niti na koji način ulazi utiču na izlaze (Trelea i sar., 1997). Pošto verodostojnost nekog modela često zavisi od mogućnosti da se objasne zaključci do kojih se dolazi, neophodno je sprovesti i ovakvu analizu (Tschegg i sar., 2009; Pezo i sar., 2013). Sensitivity analiza se sprovodi radi proučavanja uticaja posmatranih ulaznih promenljivih, nesigurnosti dobijenih modela i opšteg ponašanja ANN (Basheer i Hajmeer, 2000; Taylor, 2006). Sensitivity analiza se koristi da se utvrdi koliko su modeli „osetljivi“ na promene vrednosti parametara modela i na promene u strukturi modela. Ova analiza predstavlja jednostavan i moćan alat za procenu ponašanja sistema, te ima široku primenu u nauci i inženjerstvu. Velika osetljivost na malu promenu nekog parametra sugeriše da će se izlaz drastično promeniti (Tschegg i sar., 2009).

Dobijeni modeli su testirani *sensitivity* analizom da bi se utvrdilo da li će i pod kojim uslovima doći do grešaka u predviđanju izlaznih promenljivih, kao i da bi se utvrdio uticaj ulaznih promenljivih na posmatrane izlaze.

### 2.1.5. Fuzzy optimizacija

Fazi teorija je osmišljena za opisivanje znanja i zaključivanja na način koji se može jednostavno predstaviti na računaru. Osnivač fazi teorije bio je profesor Lofti A. Zadeh 1965. godine, uvođenjem novog koncepta zasnovanog na činjenici da matematika može poslužiti za povezivanje jezika i ljudske inteligencije (*Vučetić, 2013*).

Realnost se bolje opisuje rečima nego matematičkim formulama, a upravo fazi logika kroz svoje izraze (fazi skupove) pruža mogućnost jednostavnijeg modelovanja stvarnosti. Učestale promene i nepredvidive situacije čine stvaran svet fazi (nejasan, maglovit), a fazi tehnika nam pruža mogućnost da uspešno upravljamo realnim situacijama (*Bosc i sar., 2005; Vučetić, 2013*).

Primenom klasične logike, moguće je koristiti jedino informacije koje su potpuno tačne ili potpuno pogrešne. Nemoguće je upravljati informacijama koje su neprecizne ili nekompletne, iako takve informacije mogu ponekad pružiti bolje rešenje problema. Pripadnost skupu, u terminima klasične logike, označava se vrednošću 0, ukoliko element ne pripada skupu, a sa vrednošću 1, kada element pripada skupu. Fazi skupovi su nastali generalizacijom klasične postavke skupa, tako što je kodomen karakteristične funkcije skupa proširen sa skupa  $\{0, 1\}$  na jedinični interval. Tvrdnja u fazi logici ima više nivoa od potpuno tačnog preko polu-tačnog do potpuno pogrešnog. Iza fazi logike stoji približno umesto preciznog zaključivanja, a njen značaj i veliki potencijal ogleda se u činjenici da je ljudsko razmišljanje po prirodi aproksimativno. Jedna od najbitnijih osobina fazi logike jeste mogućnost da izrazi stepen neodređenosti u čovekovom razmišljanju i njegovu subjektivnost (*Škrbić, 2008*).

Postoje mehanizmi u oblasti fazi logike, koji nalaze primenu u definisanju i pronalaženju fazi funkcionalnih zavisnosti u većim bazama podataka, koje menjaju funkciju klasičnih relacija, integrišući nepreciznosti, neodređenosti i nejednoznačnosti zanemarljive u realnim aplikacijama i sistemima (*Ma i Yan, 2008; Vučetić, 2013*).

Značaj i uloga fazi funkcionalnih zavisnosti je u pružanju pristupa informacijama iz baze na jedan fleksibilniji i pristupačniji način. Cilj nije dobijanje što više informacija, već korisnija i efikasnija znanja, u smislu posedovanja filtriranih informacija umesto ogromne količine

podataka koje su skladištene u posmatranim relacijama. Zbog toga se u praksi, prilikom donošenja upravljačkih odluka, sve više primenjuju saznanja dobijena analizom fazi funkcionalnih zavisnosti (Haris, 2006; Vučetić, 2013).

Fazi logika se primenjuje u slučajevima koji su okarakterisani nepostojanjem matematičkog modela ili postojanjem modela koji je isuviše kompleksan. Zato je fazi logika našla primenu u teoriji upravljanja, kvantitativnoj analizi, ekspertskim sistemima za dijagnostiku, planiranje i predikciju, u veoma raznovrsnim komercijalnim, informacionim, inženjerskim i industrijskim sistemima. Fazi logika se uspešno koristi i za optimizaciju procesa osmotske dehidracije (Khoyi i Hesari, 2007; Ćurčić i sar., 2012; Koprivica i sar., 2014).

## 2.2. Karakteristike procesa osmotske dehidracije

Osmotska dehidracija je savremen proces sušenja, koji delimično uklanja vodu iz ćelijskog materijala, uklanjanjem uzoraka u hipertonični medijum (Corzo i Bracho, 2005; Ćurčić i sar., 2013.; Knežević i sar., 2013; Nićetin i sar., 2014).

Sušтина procesa osmotskog sušenja hrane je u difundovanju molekula vode kroz polupropustljive ćelijske membrane. Kretanje se odvija u smeru od višeg ka nižem potencijalu molekula vode, a proces se završava kada se u sistemu uspostavi koncentraciona ravnoteža (Pavkov, 2012; Mišljenović i sar., 2012a).

Zahvaljujući razlici osmotskih pritisaka rastvora i uzorka, javljaju se tri toka materije: difuzija vode iz uzorka u okolni rastvor, difuzija rastvorene materije iz hipertoničnog rastvora u dehidrirani proizvod, i difuzija rastvorene materije u osmotski rastvor (Koprivica i sar, 2010; Gubić i sar., 2012). Treći tok materije, koji se odnosi na prenos rastvorenih materija iz uzorka u okolni rastvor, je količinski zanemarljiv u poređenju sa prva dva toka, ali utiče na senzorske, nutritivne i funkcionalne osobine finalnog proizvoda (Lević i sar., 2008; Koprivica i sar., 2014; Cvetković, 2014).

Uklanjanje vode bez faznog prelaza, primena blagih temperatura i mogućnost ponovne upotrebe osmotskog rastvora su glavne prednosti procesa osmotske dehidracije u poređenju sa drugim metodama sušenja (Torreggiani, 1993; Della Rosa i Giroux, 2001; Pezo i sar., 2012; Šuput i sar., 2012; Ćurčić i sar., 2013).



Kada je u pitanju primena osmotske dehidracije u prehrambenoj industriji postoje brojne prednosti poput: poboljšanja i održanja faktora kvaliteta proizvoda (tekstura, boja, stabilnost), isključivanja hemijskog predtretmana, blagog temperaturnog režim, skraćanja vremena sušenja, energetske efikasnosti i ekološke prihvatljivosti (*Panagiotou i sar., 1999; Waliszewski i sar., 1999; El-Aouar i sar., 2006*). Prema tome, osmotska dehidracija postaje sve popularniji metod konzervisanja u prehrambenoj industriji (*Eren i Kajmak-Ertekin, 2009*).

U nedostatke osmotske dehidracije ubrajaju se: previsok priraštaj suve materije koji pruža dodatni otpor difuziji vode, vremenska zahtevnost procesa, brz gubitak vode i ispiranje suve materije iz uzorka koji mogu da dovedu do značajne izmene nutritivnog profila, i upravljanje velikom količinom iskorišćenog osmotskog rastvora (*Filipčev, 2009*).

Osmotska dehidracija se često primenjuje u kombinaciji sa drugim metodama sušenja (konvektivno sušenje, sušenje zamrzavanjem, mikrotalasno sušenje), kao predtretman, zbog višestrukog pozitivnog efekta na nutritivne, senzorne i funkcionalne osobine proizvoda i redukcije negativnih efekata visokih temperatura (*Rastogi, i sar., 2002; Radojčin i sar., 2010; Pavkov, 2012; Radojčin i sar., 2013; Pavkov i sar., 2013*).

### **2.2.1. Uticaj različitih faktora na proces osmotske dehidracije**

Pre optimizacije osmotskog tretmana, važno je razumeti faktore koji utiču na prenos mase u toku procesa. Neki od tih faktora su: predtretman (smrzavanje, blanširanje, primena visokih pritisaka, ultrazvuka, vakuuma, centrifugalne sile), temperatura rastvora, pritisak, priroda i koncentracija osmotskog agensa, mešanje rastvora, geometrija, fizičko-hemijska svojstva i struktura tretiranog materijala, odnosa masa uzorka i osmotskog rastvora (*Tsironi i sar., 2009; Gracia-Segovia i sar., 2010; Jain i sar., 2011*).

#### **2.2.1.1. Parametri produkta**

Parametri produkta obuhvataju: geometriju i fizičko-hemijske karakteristike sirovine, kao i predtretman (ljuštenje, blanširanje, smrzavanje).

Oblik i veličina materijala utiče na lokalnu promenu koncentracionog gradijenta usled varijacije površine materijala po jedinici zapremine (ili mase) i dužine difuzije vode i rastvorka koji su uključeni u prenos mase. Velika specifična površina znatno ubrzava dehidraciju ćelijskog materijala. Dehidracija će biti sporija ako je materijal veći, zbog porasta difuzione

putanje, dok će u slučaju manjih uzoraka dehidratacija biti brža. Oblici materijala koji se podvrgavaju osmotskom tretmanu mogu biti različiti: štapići, cilindri, kocke, sfere, diskovi, prstenovi i kriške (*Lerici i sar., 1985; Tortoe, 2010*).

Jedna od najvažnijih fizičkih karakteristika sirovine, koja utiče na njene termofizičke i transportne osobine prilikom osmotske dehidratacije je kompaktnost tkiva. Struktura sirovog materijala ima značajan uticaj na fenomen skupljanja tkiva i brzinu prenosa mase (*Lazarides, 2001*). Takođe, hemijski sastav (sadržaj masti, proteina, soli i ugljenih hidrata) u velikoj meri utiče na kinetiku osmotske dehidratacije (*Rahman, 2007*).

U zavisnosti od vrste i finalne primene dehidriranog proizvoda, u nekim slučajevima, postoji potreba za blanširanjem, smrzavanjem, sulfatacijom ili zakišeljavanjem pre osmotskog tretmana, što se negativno odražava na efikasnost procesa usled porasta priraštaja suve materije (*Islam i Flink, 1982*).

#### **2.2.1.2. Temperatura osmotskog rastvora**

Jedan od najznačajnijih procesnih parametara koji utiče na efikasnost osmotske dehidratacije je temperatura osmotskog rastvora (*Beristain i sar., 1990*). Više procesne temperature pospešuju brzinu difuzije rastvorka i dovode do većeg gubika vode (*Lazarides i sar., 1994*). Takođe, pri višim temperaturama smanjuje se viskozitet osmotskog rastvora, čime se poboljšava prelaz vode sa površine materijala u rastvor.

Difuzija rastvorka u proizvod je takođe ubrzana usled povišenih temperatura, ali to povećanje brzine difuzije je manje u odnosu na vodu, verovatno zbog veličine molekula rastvoraka i koncentracije osmotskog rastvora (*Tortoe, 2010*).

Primena nižih temperatura utiče povoljno na senzorne i nutritivne osobine proizvoda. Granica primene visokih temperatura zavisi od toplotne stabilnosti ćelijske membrane tkiva koje se dehidrira (*Lazarides, 2001*).

#### **2.2.1.3. Radni pritisak**

Istraživanja pokazuju da vakuum primenjen u osmotskoj dehidrataciji dovodi do ubrzanja prenosa vode (*Fito i Pastor, 1994; Tortoe, 2010*). Vakuum se može primenjivati tokom čitavog

procesa osmotske dehidracije, ali češće se koristi na početku, pogotovo ako se radi o potrebi izmene sastava uzorka, a ovakav proces se naziva vakuum – impregnacija (*Rastogi i sar., 2002*).

Takođe, primena visokog hidrostatičkog pritiska, centrifugalne sile, visokog električnog polja i ultrazvuka poboljšava prenos mase tokom osmotske dehidracije (*Rahman, 2007*).

Primena visokog hidrostatičkog pritiska (400 MPa) narušava strukturu tkiva, čime smanjuje difuzni put i povećava prenos mase tokom osmotske dehidracije (*Rastogi i Niranjana, 1998; Lazarides, 2001*). Predtretman materijala električnim poljem visokog intenziteta utiče na porast koeficijenta difuzije što se može objasniti porastom permeabilnosti ćelijskog zida (*Rastogi i sar., 1999*).

Primena ultrazvuka dovodi do ubrzavanja osmotske dehidracije (*Simal i sar., 1998*). U čvrstom materijalu zvučni talasi uzrokuju seriju sabijanja i razređenja sa brzinama koje zavise od njihove frekvencije. Ovaj mehanizam ima veliki značaj za sušenje i dehidraciju hrane. Difuzija kroz granicu između suspendovanog čvrstog materijala i rastvora značajno je ubrzana u ultrazvučnom polju, a pritisak i frekvencija su dva glavna faktora koje treba uzeti u razmatranje. Nije primećen porast difuzije kada se primenjuje maksimalan intenzitet ultrazvučnog polja, usled burne kavitacije koja dovodi do ekstremne turbulencije ili nakupljanja pare (mehurića) na površini. *Lenart i Auslander (1980)* su pokazali da dolazi do porasta difuzije rastvorka sa porastom intenziteta ultrazvuka do onog trenutka kada se pređe određena granična vrednost. *Sajas i Gorbato, (1978)* uočili su manja poboljšanja brzine difuzije na višim frekvencijama. Mehanizam delovanja frekvencije ultrazvuka na difuziju manje je poznat.

Primena centrifugalne sile tokom osmotskog tretmana uslovljava povećanje gubitka vode uz smanjenje porasta suve materije (*Azura i sar., 1996*). Mehanizam uticaja centrifugalne sile na osmotsku dehidraciju nije u potpunosti objašnjen, za bolje razumevanje ovog efekta neophodna su dalja istraživanja (*Rastogi i sar., 2002*).

#### **2.2.1.4. Dužina trajanja procesa**

Stanje ravnoteže procesa osmotske dehidracije karakteriše jednakost aktivnosti vode i koncentracije rastvoraka u materijalu i rastvoru. Prema *Lenart i Flink (1984)* ravnotežno stanje u procesu osmotskog sušenja postiže nakon 20 časova, a da se prenos mase gotovo ne menja nakon četvrtog sata trajanja procesa.

Istraživanja *Lazarides, (1994), Koprivica i sar. (2010), Knežević i sar. (2012)* pokazuju da je proces uklanjanja vode najitezivniji u toku prvog sata osmotske dehidracije, a da se nakon trećeg značajno usporava. Proces osmotske dehidracije najčešće traje od 3 do 5 sati, jer je transport mase tada najbrži i najznačajniji za sagledavanje fenomena prenosa (*Biswal i sar., 1991; Tortoe, 2010; Koprivica i sar., 2010a*).

#### **2.2.1.5. Odnos osmotskog rastvora i materijala**

Povećanjem odnosa osmotskog rastvora i materijala koji se dehidrira, povećava se gubitak vode i priraštaj suve materije tokom procesa osmotske dehidracije (*Ponting i sar. 1966; Flink, 1979*). Kako bi se izbeglo značajnije razređenje osmotskog rastvora i usled toga smanjenje koncentracionog gradijenta, odnosno pogonske sile osmotskog sušenja, primenjuju se veliki odnos rastvora i materijala (10:1, 20:1, 30:1). Manji odnosi od 4:1 ili 3:1 primenjuju se u istraživanju prenosa mase praćenjem promene u koncentracijama hipertoničnog rastvora (*Bekele i Ramaswamy, 2010; Tortoe, 2010*).

#### **2.2.1.6. Mešanje rastvora tokom procesa osmotske dehidracije**

Upotreba visoko koncentrovanih, viskoznih rastvora može da dovede do plutanja komadića dehidriranog materijala po površini rastvora, otežanog kontakta između rastvora i uzorka, čime se redukuje stopa difuzije. Kako bi se unapredio prenos mase tokom osmotske dehidracije, primenjuje se proces mešanja (*Moreira et al, 2007; Phisut, 2012; Mišljenović i sar., 2012*).

Poređenjem procesa osmotske dehidracije sa i bez mešanja, utvrđeno je da uzorci koji su mešani tokom procesa, imaju veću redukciju mase usled većeg gubitka vode u odnosu na uzorke koji nisu mešani, tokom dehidracije (*Moreira et al, 2007; Mišljenović, 2012; Koprivica, 2013; Ćurčić i sar., 2014a*).

Mešanjem se održava stalan kontakt površine uzorka sa koncentrovanim osmotskim rastvorom, čime se obezbeđuje veliki gradijent koncentracija na njihovoj dodirnoj površini. Najizraženiji je uticaj mešanja na gubitak mase u slučaju veoma viskoznih ili sporo pokretnih medijuma, koji akumuliraju razređeni rastvor u neposrednoj blizini uzorka i stvaraju velik otpor prenosu mase (*Tortoe, 2010*).

### 2.2.1.7. Koncentracija osmotskog rastvora

Povećanje koncentracije osmotskog rastvora dovodi do povećanog gubitka vode i povećanog priraštaja suve materije (*Falade et al., 2007; Mundada et al., 2011; Phisut, 2012*). Gubitak vode raste sve do uspostavljanja ravnotežnog nivoa (*Conway i sar., 1983; Lenart i Flink, 1984*). Povećanje priraštaja suve materije i gubitka vode, pri visokim koncentracijama osmotskih rastvora, uslovljeno je razlikom u koncentraciji rastvorka između uzorka i osmotskog rastvora, koja utiče na povećanje gradijenta osmotskog pritiska, samim tim i na intezitet difuzije rastvorka i razmenu vode (*Azoubel i Murr, 2004; Phisut, 2012, Filipović i sar., 2012*).

Povećanje koncentracije rastvora utiče na povećanu redukciju mase uzorka, usled smanjenja aktivnosti vode rastvora i povećanu koncentraciju rastvorka u osmotskom medijumu (*Marcotte i sar., 1991; Tortoe, 2010*). Takođe, dolazi do nastanka viskoznog barijernog sloja rastvorka na površini materijala koji povećava efekat dehidratacije i utiče na smanjenje gubitka nutrijenata tokom procesa (*Saurel i sar. 1994*).

Koncentracije osmotskih rastvora, koji se koriste za osmotsku dehidrataciju uzoraka animalnog porekla kreću se od 40 do 80% (*Byrne i sar., 2001; Suezilde da Conceição i Satoshi, 2004; Nićetin i sar., 2013; Lončar i sar., 2014a*).

### 2.2.1.8. Priroda hipertoničnog rastvora

Pokretačka sila za uklanjanje vode, tokom osmotske dehidratacije, je razlika osmotskih pritisaka između materijala i rastvora koji ga okružuje (*Teles i sar., 2006*). Vrsta osmotskog rastvora je veoma važan faktor koji određuje stepen difuzije tokom procesa (*Phisut, 2012; Chavan i Amorowicz, 2012*). Različiti hipertonični rastvori i njihove kombinacije se uspešno primenjuju za osmotski tretman (*Suezilde da Conceição, A.R. i Satoshi, T. 2004*). Najčešće korišćeni osmotski medijumi su koncentrovani rastvori šećera (saharoze, glukoze, fruktoze, kukuruznog sirupa) i natrijum hlorida (*Singh i sar. 2008; Íspir i sar. 2009*). Dokazano je da natriju hlorid u binarnom vodenom rastvoru povećava pogonsku osmotsku silu, onemogućava nastanak kompaktnog površinskog sloja, a pri tom utiče na povećanje brzine gubitka vode i prirasta suve materije i dovodi do niže aktivnosti vode u rastvoru (*Lenart i Flink, 1984*).

So je neizostavna komponenta vodenih rastvora za osmotski tretman mesa ili ribe (*Collignan i sar., 2001*). Kako bi se postigao kompleksan slatko-slani ukus dehidriranog proizvoda od ribe (bakalara, *Collignan i Raoult-Wack, 1994*, fileta haringe, *Gudmundsdóttir i*

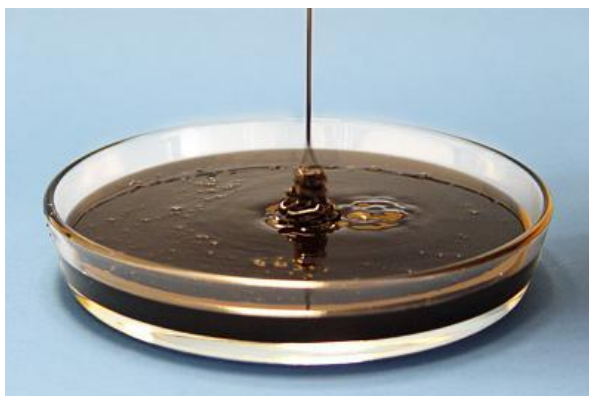
Stefánsson, 1997, soma, Suezilde da Conceição i Satoshi, 2004), dobro poznatog u nordijskim zemljama, tradicionalno se primenjuju osmotski rastvori soli i šećera (Medina-Vivanco i sar., 2004; Oladele i sar., 2008).

Novija istraživanja ukazala su na visoku efikasnost melase šećerne repe kao medijuma za dehidrataciju voća (Koprivica i sar., 2009; Koprivica i sar., 2010;), povrća (Mišljenović i sar., 2012; Koprivica, 2013; Cvetković, 2014) i mesa (Filipović i sar., 2012; Nićetin i sar., 2012; Pezo i sar. 2013).

Visok sadržaj suve materije (iznad 80%), specifični nutritivni sastav, niska cena i mali energetske troškovi su glavni razlozi zašto je melasa šećerne repe tako koristan osmotski rastvor (Mišljenović et al. 2009; Filipčev et al., 2010; Šuput et al. 2013). Velika viskoznost melase pri nižim temperaturama je jedini ograničavajući faktor u primeni ovog rastvora za osmotsku dehidrataciju pri temperaturama nižim od 20°C (Filipović, 2013).

### 2.2.2. Melasa šećerne repe

Melasa je nusprodukt u proizvodnji šećera. Nastaje nakon višestrukih postupaka uparavanja, kristalizacije i centrifugisanja viskoznog soka ekstrahovanog iz reznaca šećerne repe. To je veoma viskozni, tamno mrki sirup, iz kog se ne može dobiti kvalitetna saharoza na ekonomičan način (Šušić i sar., 1995). Melanoidini i produkti karamenizacije utiču na pojavu tamne boje melase (Šušić i sar., 1995).



Slika 2.2. Melasa šećerne repe (<http://www.nordzucker>)

Melasa je polikomponentni sistem promenljivog hemijskog sastava u veoma širokim granicama što je posledica sastava polazne sirovine primenjenih tehnoloških procesa u fazi čišćenja difuzionih sokova i tehnološkog postupka u fazi kristalizacije saharoze (Šušić i Guralj, 1965). Najveća variranja u hemijskom sastavu odnose se na količine rafinoze, invertnog šećera i mineralnih materija (Olbrich, 1963).

Hemijski sastav melase šećerne repe je izuzetno kompleksan, odnosno sadrži preko 200 različitih neorganskih i organskih jedinjenja. Uporednom analizom sastava pčelinjeg meda i melase (tabela 2.1.) utvrđeno je da melasa sadrži manje šećernih komponenti od meda za oko 25%, ali ona ima daleko više supstanci važnih za ishranu ljudi, kao što su: belančevine i druga aktivna azotna jedinjenja, mineralne materije i vitamini, prvenstveno vitamini B kompleksa (tabela 2.2.) (Šušić i Sinobad, 1989).

**Tabela 2.1.** Osnovni hemijski sastav pčelinjeg meda i melase šećerne repe (Šušić i Sinobad, 1989).

Komponenta	Med	Melasa
Voda, %	20,0	16,5
Suva materija, %	80,0	83,5
Saharidi,%	77,2	52,5
Proteini,%	0,4	5,0
Ostala jedinjenja sa azotom,%	Neodređena	11,5
Ekstraktivna jedinjenja bez azota,%	Neodređena	3,0
Pepeo,%	0,25	11,5
Vitamini B grupe, mg/100g	0,11	3,8
Energetska vrednost, kJ/kg	13060	10423

Dominantna komponenta melase je saharoza (51%), dok su ostali šećeri prisutni u manjim količinama: rafinoza oko 1 %, a glukoza i fruktoza u količini od po 0,25% (Schneider, 1968; Petrov i Petrov, 1980). Melasa sadrži i značajne količine betaina (6%), 5 % belančevina,

1,5% nukleozida, purinskih i pirimidinskih baza (u tragovima), organske kiseline i pektine. Od kiselina u melasi se nalaze oksalna kiselina (0,01%), oksiglutarina, mlečna (0,5%), saharinska, huminska, arabinska i glicinska kiselina. Melasa šećerne repe sadrži i manje količine isparljivih kiselina: mravlje, sirćetne, propionske i buterne, kao i jedinjenja ovih kiselina. U melasi se nalazi i pet esencijalnih aminokiselina (lizin, valin, izoleucin, leucin i fenilalanin).

Melasa šećerne repe predstavlja značajan izvor i brojnih mikronutrijenata (vitamina i minerala), naročito kalijuma, kalcijuma, gvožđa, magnezijuma, natrijuma i vitamina B kompleksa. Posebno je važno istaći da su sve mineralne komponente melase u rastvorenom stanju i da se kalijum nalazi u znatno većoj količini od svih ostalih katjona. Oko 80% pepela melase čini  $K_2CO_3$ , a 20% hlorini, sulfati, fosfati i silikati (Šušić i Sinobad, 1989; Šušić i sar., 1995).

Mikroelementi, koji ulaze u sastav melase šećerne repe, se mogu podeliti u dve grupe (Šušić i sar., 1995):

1. Mikroelementi čiji sadržaj varira u uskim granicama i manji je od 10 mg u 1kg melase (Ni (1,6-7,7mg), Co (1,0-7,6 mg), Fe (2,1-7,0 mg), Mo (1,0-1,2 mg), Pb (2,1-6,1 mg) i Sn (1,0-4,1 mg));
2. Mikroelementi čiji sadržaj u većoj meri varira i iznosi preko 10 mg 1kg melase (Al (93-691 mg), Mg (568-864 mg), Mn (14-76 mg), Cu (10-69 mg), Sr (46-594 mg) i Si (66-547 mg)).

**Tabela 2.2.** Sadržaj vitamina u melasi šećerne repe (Šušić i sar., 1995):

Vitamin	µg/100 g melase
Biotin	5,3
Folna kiselina	21,0
B2	41,0
B1	130,0
B6	540,0
Nikotinska kiselina	5100,0
Pantotenska kiselina	13000,0
Inozit	570000,0



S obzirom da je nusproizvod, u melasi se zadržavaju svi sastojci iz biljne sirovine koji nisu uklonjeni izdvajanjem šećera (neekstrabilni šećer, minerali, vitamini, itd.). Pored toga, u melasi se mogu nagomilavati nenutritivne i štetne materije poput teških metala, pesticida i sl. Nenutritivne materije u melasi uglavnom ne potiču iz biosintetskog ciklusa biljne sirovine, osim saponina prisutnih u šećernoj repi. Oni predstavljaju triterpenske derivate polisaharida – glikozide i pokazuju hemolitičko delovanje. Sadržaj saponina u melasi šećerne repe (oko 0.025 %) se smatra neškodljivim za zdravlje ljudi (*Šušić i Sinobad, 1989*). Melasa sadrži SO<sub>2</sub> u malim količinama (neškodljivim po ljudsko zdravlje), koji potiče od SO<sub>2</sub> iz zakišeljene vode za ekstrakciju rezanaca (*Filipčev i sar., 2009*). Mikroorganizmi u melasu dospevaju sekundarnom kontaminacijom zbog skladištenja u nesterilnoj sredini (*Šušić i Sinobad, 1989*).

Primena melase je veoma raznovrsna (*Balat i sar., 2008; Lević i sar., 2009; Filipčev i sar., 2010; Koprivica i sar., 2010; Čolović i sar., 2011*):

1. Korisiti se kao supstrat u brojnim fermentacionim postupcima kod proizvodnje pekarskog i pivskog kvasca, proizvodnje etanola, limunske kiseline, lizina i mononatrijum glutamata;

2. Primenjuje se kao vezivno sredstvo i stabilizator (u proizvodnji briketa uglja, cementa, izrada kalupa od peščanika);

3. Upotrebljava se kao sredstvo za kompostiranje;

4. Primenjuje se kao dodatak u hrani za životinje (uglavnom melasa šećerne repe) i konditorskim proizvodima, pekarskim proizvodima, umacima, itd. (uglavnom melasa šećerne trske).

Da bi se melasa šećerne repe mogla koristiti u prehrambene svrhe, neophodno je sterilisati i korigovati specifičan miris i ukus melase šećerne repe. Ograničavajući faktor u primeni melase kod ishrane ljudi je relativno visok sadržaj K<sup>+</sup> jona koji može imati purgativno dejstvo. Preporučena dnevna količina je od 20 do 40 g (*Mišljenović, 2012*).

Šećeri, koji se nalaze u melasi, su u fermentabilnom obliku (mikroorganizmi mogu da usvoje i do 50%). Pored šećera, melasa sadrži i sve kvascu neophodne nutrijente (minerale i vitamine), pa se zato tradicionalno upotrebljava za proizvodnju bioetanola u evropskim zemljama (*Balat i sar., 2008*). Sadržaj kalijuma u melasi u velikoj meri utiče na njenu primenu u industriji vrenja, naročito na proizvodnju pekarskog kvasca. Pri nižem sadržaju kalijuma u

melasi dolazi do smanjenja prinosa i kvaliteta kvasca. Melasa koja se koristi u proizvodnji pekarskog kvasca mora imati minimalno 3,5% kalijuma (*Šušić i sar., 1995*).

### 2.2.3. Mehanizam osmotske dehidracije

#### 2.2.3.1. Osmotski pritisak

Voda je najvažnija komponenta hrane koja svojim termodinamičkim stanjem utiče na mikrobiološku i hemijsku stabilnost i senzorne osobine proizvoda (*Potter i Hotchkiss, 1998*).

Termodinamičko stanje vode izražava se preko aktivnosti vode ( $a_w$ ) čija vrednost je jednaka 0 za potpuno suve materije, a 1 za sasvim čistu vodu. Niže  $a_w$  vrednosti pozitivno utiču na mikorbiološku i hemijsku stabilnost hrane, a negativno na teksturu.

Tokom procesa osmotske dehidracije, voda u rastvoru je u interakciji sa rastvorenim supstancama. Ova veza je definisana termodinamičkim stanjem vode u rastvoru, a energetska stanje izraženo na 1 mol supstance se naziva hemijski potencijal (*Lewicki i Lenart, 2006*).

Hemijski potencijal je funkcija koncentracije, temperature i pritiska. Povećanje koncentracije rastvorene supstance smanjuje hemijski potencijal vode koji može da se izrazi preko aktivnosti vode (*El-Aouar i sar., 2006*):

$$\mu_w = \mu_{ow} + RT \ln a_w \quad [2.10]$$

gde je:  $\mu_w$  – hemijski potencijal vode;  $\mu_{ow}$  – standardni hemijski potencijal vode;  $R$  – univerzalna gasna konstanta ( $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ );  $T$  – apsolutna temperatura;  $a_w$  – aktivnost vode.

Interakcija dva sistema različitog sadržaja energije podrazumeva razmenu energije sve do uspostavljanja ravnoteže tj. izjednačavanja hemijskih potencijala. Ravnotežno stanje se pri izotermnim uslovima postiže promenom pritiska ili promenom koncentracije. Dodatni pritisak potreban za uspostavljanje ravnotežnog stanja između čistog rastvarača i rastvora naziva se osmotski pritisak i izražen prema sledećoj jednačini (*Lewicki i Lenart, 2006*):

$$\Pi = -\frac{RT}{V} \ln a_w \quad [2.11.]$$

gde je:  $\Pi$  - osmotski pritisak;  $V$  - molarna zapremina rastvora.

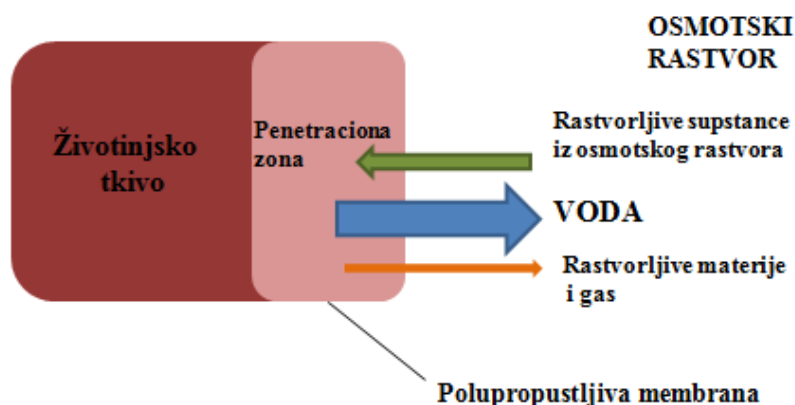
Kada postoji izvesna razlika koncentracija u sistemu, dolazi do pojave osmotskog pritiska, koji je u direktnoj vezi sa pojavom difuzije. Osmotski pritisak se može definisati kao merilo težnje nekog sistema da difuzijom povrati ravnotežu koncentracija na svim mestima na kojima je poremećena. Dakle, osmotske sile su pogonske sile difuzije (*Filipović, 2013*).

Različiti osmotski pritisci dva sistema, koji su razdvojeni polupropustljivom membranom, uslovljavaju pojavu pogonske sile za prenos mase. Ovaj fenomen se primenjuje u procesu osmotske dehidracije za uklanjanje vode iz materijala biljnog i životinjskog porekla (Lewicki i Lenart, 1992).

### 2.2.3.2. Prenos mase tokom osmotske dehidracije

Tokom imerzije usled kontakta materijala visokog sadržaja vode i koncentrovanog osmotskog medijuma, dolazi do uklanjanja mase vode, kao posledica razlike osmotskih pritisaka. Uklanjanje vode je u tesnoj vezi sa osmotskim fenomenom prenosa mase kroz membranu ćelija materijala, koja deluje kao semipermeabilna barijera (Saurel i sar., 1994).

Za vreme osmotskog tretmana dolazi do pojave multikomponentnog toka mase u dva različita smeru, jer ćelijska membrana, usled složene strukture, nije savršeno permeabilna. Stanje polupropustljive membrane može da se menja od delimične do potpune permeabilnosti, usled promena u njenoj strukturi. Najverovatniji uzrok ovih promena je skupljanje ćelija, koje je prouzrokovano gubitkom vode tokom osmotskog tretmana. Zbog toga, rastvorljive supstance takođe difunduju iz hipertoničnog rastvora u međućelijski prostor tkiva sirovine koja se dehidrira, dok u rastvor ulazi voda, rastvorljive materije i gas iz međućelijskog prostora, slika 2.3. (Rastogi i sar., 2000 ;Shi i Xue, 2009).



**Slika 2.3.** Pojednostavljena šema prenosa mase tokom osmotske dehidracije materijala životinjskog porekla

Kinetika prenosa mase tokom procesa osmotske dehidracije se obično opisuje preko vrednosti gubitka vode, priraštaja suve materije i redukcije mase dehidriranog materijala.

Gubitak vode i priraštaj suve materije mogu se odrediti preko sniženja mase vode u materijalu i povećanja suve materije tokom vremena trajanja procesa (*Filipović i Lević, 2014*).

Vrednosti sadržaja suve materije, gubitka vode i priraštaja suve materije određuju se na osnovu jednačina [3.1], [3.2] i [3.3], respektivno.

Većina modela za opisivanje fenomena osmotske dehidracije bazira se na pretpostavci da je brzina prenosa mase ograničena i da se može odrediti preko pojednostavljenog Fikovog zakona za nestacionarni difuzioni proces. Pri modelovanju se uzima u razmatranje transport svih komponenti u oba smera, jer su mehanizmi prenosa, brzine difuzije i ravnotežni sadržaj vode različiti i utiču na kinetiku i krajnje ravnotežno stanje sistema (*Beristain i sar., 1990; Azuara Mišljenović, 2012*).

### 2.3. Karakteristike sirovine

Riba je jedan od najvažnijih izvora animalnih proteina u ishrani ljudi. Meso ribe je veoma hranljivo, aromatično i ukusno, visoke nutritivne i biološke vrednosti (*Matekalo-Sverak i sar., 1998*). Mišićna vlakna ribe su nežne građe sa malom količinom vezivnog tkiva, što ih čini lako svarljivim. Nutritivna vrednost mesa ribe ogleda se u sadržaju belančevina, visokovrednih mono- i polinezasićenih masnih kiselina, minerala i vitamina (*Vladau i sar., 2008*).

Sa zdravstvenog aspekta, ishrana ribom je preporučljiva, posebno zbog prisustva esencijalnih masnih kiselina. Meso ribe predstavlja najznačajniji izvor polinezasićenih masnih kiselina, koje imaju veoma važnu ulogu u prevenciji nastanka različitih oboljenja (*Vujković i sar., 1998; Von Shacky, 2001; Alasalvar i sar., 2002; Mozaffarian i sar., 2005*). O povoljnom uticaju mesa ribe na zdravlje čoveka postoje brojne studije kojima se dokazuje da povećan unos mesa ribe štiti ljudski organizam od različitih bolesti (*Arts i sar., 2001; Calder, 2001; Moreno i Mitjavila, 2003; Zamaria, 2004; Terry i sar., 2004; Mozaffarian i dr., 2005; Nettleton i Katz, 2005; Mayneris-Perxachs i dr., 2010; Trbović i sar, 2011*).

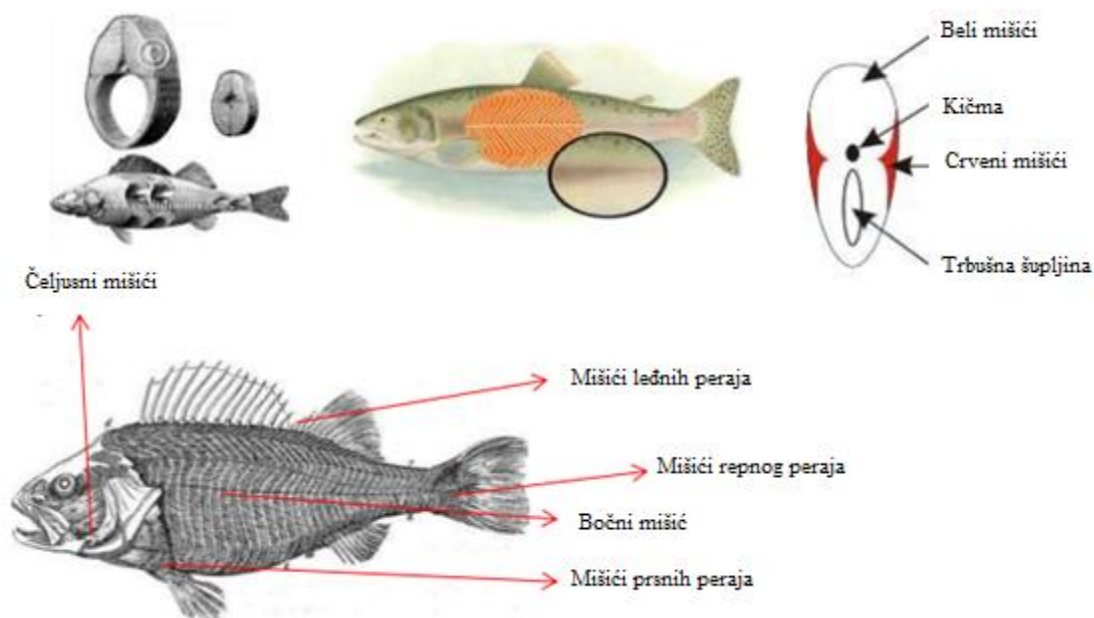
Količine hranljivih materija u mesu ribe variraju i zavise od više različitih faktora: genetike i vrste ribe, starosti, načina ishrane, pola, godišnjeg doba, temperature i pH vrednosti vode, načina uzgoja i dr. (*Ćirković i sar., 2011*). Meso ribe je veoma bogat izvor lizina, metionina i cistina, kao i vitamina A, B, D, E, H, F i K (*Brkić, 1967; Simić, 1977*).

Meso riba bi trebalo uključiti u ishranu ljudi iz više razloga, pre svega: dobar je izvor nutritivnih sastojaka, hrana je sa niskim sadržajem masti, a visokim sadržajem proteina i značajan je izvor polinezasićenih masnih kiselina iz grupa n-3 i n-6 (Ćirković i sar., 2015).

### 2.3.1. Osnovne odlike strukture mesa ribe

U odnosu na kopnene životinje struktura mišića riba je veoma jednostavna, sastoji se od velikog bočnog mišića, uglavnom bele do beličaste boje, koji se nalazi sa obe strane tela ribe (Erple, 2008). Međutim, postoje neke obojene vrste ribe kod kojih je, usled razlaganja karotenoida, ovaj mišić crvene boje- *Salmonidae*. Mišići riba razlikuju se od mišića viših kičmenjaka. U osnovi po hemijskom sastavu, fiziološkom značaju i hranljivoj vrednosti, mogu se razlikovati dva oblika: anaerobno belo mišićno tkivo i aerobno crveno mišićno tkivo. Velika većina riba ima više svetlih nego tamnih mišića. Mišićna tkiva čine oko 60% tela ribe (Houlihan i sar., 1995).

Za razliku od ostalih kičmenjaka, mišići nekih vrsta riba imaju na stotine sitnih kosti i obično su nepoželjne od strane potrošača. Ove ribe se ne mogu potpuno filetirati, ipak često su veoma ukusne (Sándor i sar, 2011).



Slika 2.4. Tipovi mišića riba (<http://www.ss-veterinarska-zg.>)

Pokretanje tela je osnovna funkcija mišića riba. Prema histološkoj građi razlikuju se poprečno-prugasti i glatki mišići. Poprečno-prugasta vlakna čine mišiće trupa, glave, peraja i prednji deo probavnog trakta, a glatka mišićna vlakna grade mišiće unutaršnjih organa, kože i krvnih žila. Kao i kod toplokrvnih životinja, mišići srca imaju specifičnu mrežastu poprečno-prugastu strukturu.

Muskulturni sistem riba se deli na mišiće trupa i mišiće glave. Kod mišića trupa razlikuju se (*Treer i sar., 1995*):

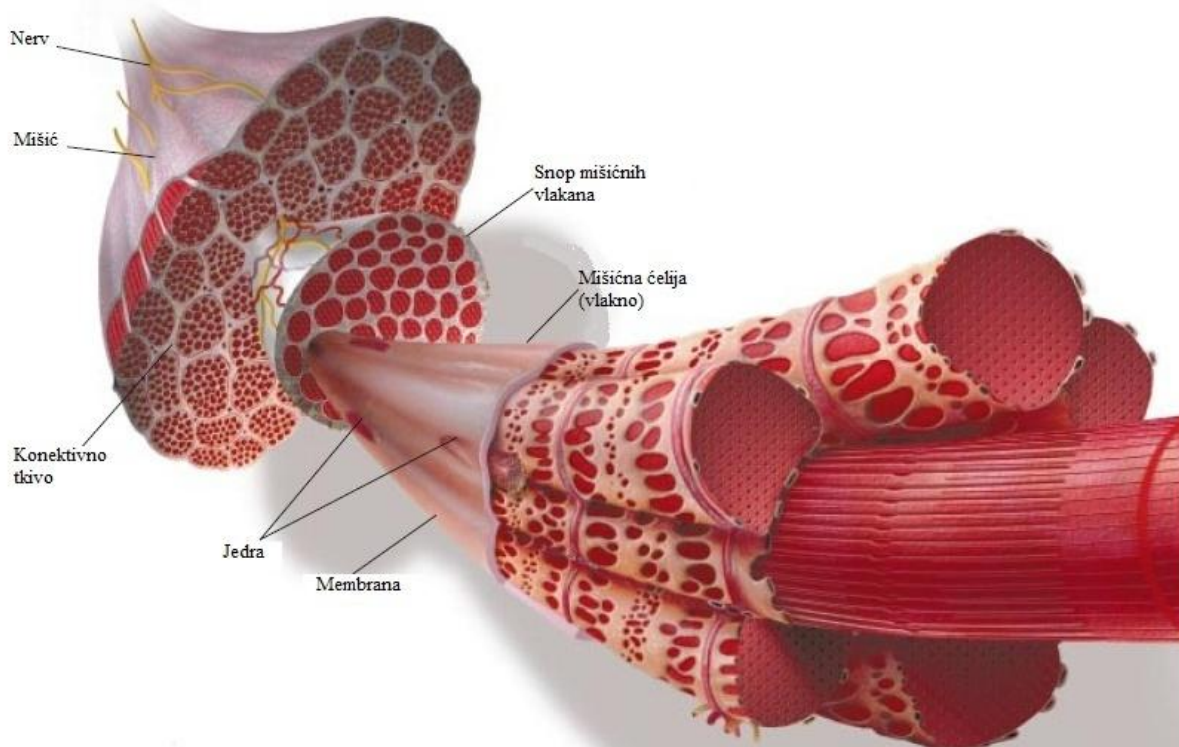
**1. Bočni mišići**, koji čine glavnu mišićnu masu, protežu se s leve i desne strane od glave do repa. Kod oba mišića u visini bočne linije od kože do kičme proteže se vezivno-tkivna pregrada koja oba mišića deli na leđni (dorzalni) i trbušni (ventralni) deo. Kontrakcije ovih delova mogu biti odvojene.

**2. Karinani mišići (parni)** nalaze se sa leđne i trbušne strane u ravni bočne linije. Na njima razlikujemo prednji i zadnji deo. Uloga ovih mišića je uvijanje tela ribe prema gore, dole, kao i izvijanje tela.

**3. Mišići peraja** dele se na mišiće parnih i neparnih peraja, a čini ih grupa mišića sa ulogom podizanja, spuštanja i držanja peraja.

Mišiće glave gradi velik broj sitnih mišića koji omogućavaju pokretanje vilične kosti, škržnih poklopaca, škržnih lukova i očiju (<http://www.ss-veterinarska-zg.>)

Skeletne mišiće riba, kao i mišiće toplokrvnih životinja, grade snopovi mišićnih ćelija obavijeni vezivnim tkivom (Slika 2.5).

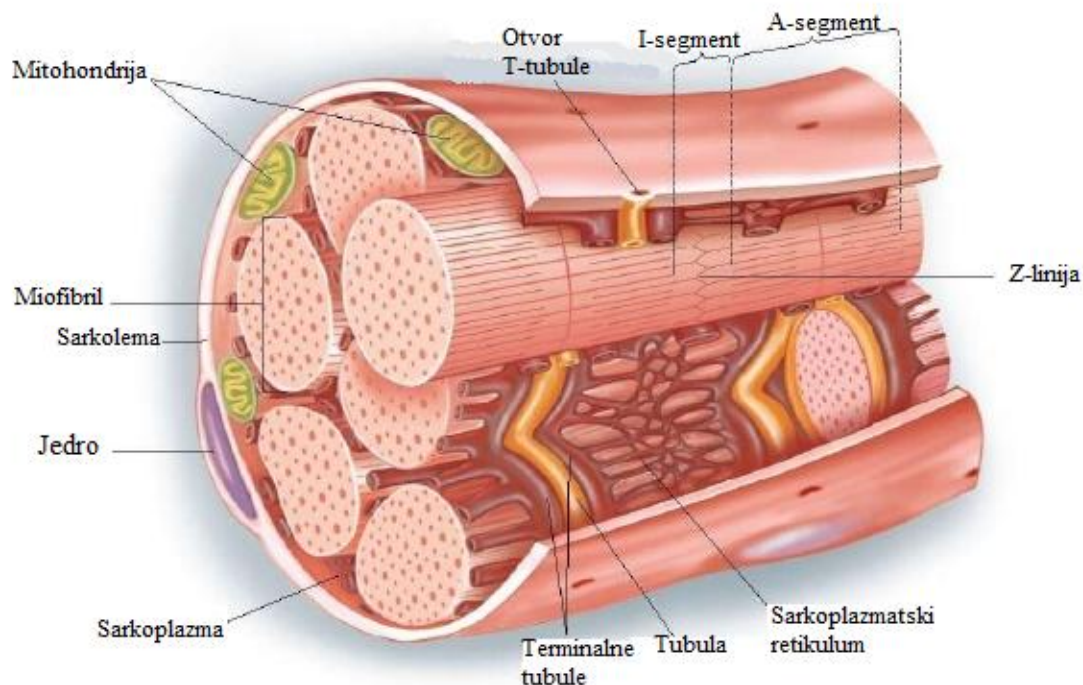


**Slika 2.5.**Struktura mišića (<http://sp.uconn.edu/>)

Mišićne ćelije, odnosno vlakna, se sastoje od ćelijske membrane (sarkoleme), citoplazme (sarkoplazme), jedara, ćelijskih organela i inkluzija (Slika 2.6.). Mišićna vlakna su obavijena finom ovojnicom, sarkolemom, koja razdvaja intercelularnu od ekstracelularne tečnosti. Transport vode kroz ovu ćelijsku membranu veoma je usporen, jer ima složenu strukturu. Sarkolema je izgrađena od bimolekularnog sloja fosfolipida čiji je nepolarni deo, koji čine masne kiseline, okrenut ka unutrašnjosti, a sa spoljne strane, nalazi se polarni deo fosfolipida.

Unutašnjost mišićnih vlakna ispunjena je citoplazmon, odnosno sarkoplazmom. Količina sarkoplazme u mišićima direktno utiče na boju mišića, jer u mišićnom vlaknu sa više sarkoplazme ima i više mitohondrija, kapljica masti i granula glikogena kao i mioglobina, pa su ona crvene boje, dok mišićna vlakna sa manje sarkoplazme ima više miofibrila, osnovnih funkcionalnih organela mišićnog vlakna, pa su ona svetlije boje (Venugopal i Shahidi, 1996; Honikel, 1999; Lawrie i Ledward, 2006; Herrero, 2008).





**Slika 2.6.** Struktura mišićnog vlakna (<http://image.slidesharecdn.com>)

Jedra su izdužena, postavljena periferno uz sarkolemu. U bizini jedara nalaze se mitohondrije, organele sa respiratornom funkcijom u ćeliji. Za kontrolu mišićne kontrakcije odgovoran je sarkoplazmatski retikulum, koji je obavijen oko svakog miofibrila

Najvažniju ulogu pri kontrakciji mišića imaju miofibrili, funkcionalne organele mišićnih vlakana koji su izgrađeni od miofilamenata raspoređenih u dva susedna segmenta. U tamnom, anizotropnom ili A-segmentu se nalaze debeli (miozinski) miofilamenti, dok se duž svetlog, izotropnog ili I-segmenta pružaju tanki (aktinski) miofilamenti koji ulaze u tamni A-segment između debelih miofilamenata. Na sredini I-segmenta se nalazi tamna pruga, Z-linija, u kojoj se spajaju tanki miofilamenti, a deo miofibrila između dve Z-linije naziva se sarkomera.. U sredini A-segmenta je nešto svetlija zona, H pruga, podeljena po sredini tamnom M-linijom (*Venugopal i Shahidi, 1996; Honikel, 1999*).



### 2.3.2. Specifičnosti strukture mišića riba koje utiču na proces osmotske dehidracije

Mišićni segmenti (miomere), (Slika 2.7.), koji su međusobno odvojeni vezivnotkivnim septama (mioseptama), čine osnovu mišićne strukture trupa ribe. Posmatrano sa repa ribe, miomere imaju oblik slova W, jer su vlakna organizovana paralelno sa uzdužnom osom tela. Svakom pršljenu odgovara jedna miomera koja se na njega oslanja (izuzetak su ciprinidae gde postoje dve miomere više).



**Slika 2.7.** Miomere i miosepte na primeru fileta lososa (<http://www.earthlife.net/fish/muscles.html>)

Ribe imaju manje kosti nego sisari, pa su i mišići riba kraći od mišića toplokrvnih životinja, a maksimalna dužina mišića riba je dužina miomere. Mišićno vezivno tkivo riba je nežnije od mišića toplokrvnih životinja usled manjeg udela kolagena (kod riba 3%, a kod toplokrvnih životinja 15%) i kraćih mišićnih vlakana.

Mišići riba su obično svetlije boje od mišića toplokrvnih životinja usled manjeg sadržaja mioglobina (pigmenta mišićnog tkiva). Takođe, postoji razlika i u slojevitosti, naime kod toplokrvnih životinja u većini mišića prisutna su i bela i crvena vlakna u različitom odnosu, dok su kod riba pojedinačni tipovi vlakana smešteni u oštro odvojenim slojevima. Prema tome, najveći deo mišićne mase tela riba sastoji se od belih mišićnih vlakana, a crvena se nalaze u slojevima duž trupa oko bočne linije (Adams i Moss, 1997).

Boja mesa ribe se može zadržati, poboljšati ili promeniti primenom odgovarajućeg osmotskog rastvora. Kod toplokrvnih životinja mast je smeštena u masnim depoima, dok je kod

riba difuzno raspoređena u mišićnom tkivu. Riblja mast nije vidljiva, iako njena količina u mesu može da dostigne i 25 % jer se nalazi između mišića (*Adams i Moss, 1997*).

### 2.3.3. Hemijski sastav mesa riba

Hemijski sastav i nutritivna vrednost mesa riba se razlikuje u zavisnosti od vrste ribe, stepena tovljenja, perioda mresta, ishrane, načina ulova, godišnjeg doba, uzrasta i pola. Hemijski sastav riba se u praksi određuje utvrđivanjem sadržaja vode, masti, proteina i anorganskih materija i prikazan je u tabeli 2.3.

Po svom hemijskom sastavu meso riba je slično mesu toplokrvnih životinja. U mesu ribe se u proseku, nalazi veća količina vode, a ugljenih hidrata gotovo da nema (*Grbić, 2014*). Ovakav hemijski sastav čini meso ribe veoma pogodnim materijalom za proces osmotske dehidracije.

**Tabela 2.3.** Hemijski sastav mesa različitih vrsta slatkovodnih riba (*Trbović i sar., 2011*).

Vrsta ribe	Proteini	Voda	Lipidi	Pepeo
Bucov	18,01±0,05	78,46±0,05	2,83±0,10	1,11±0,07
Deverika	17,59±0,05	78,64±0,04	3,20±0,08	0,81±0,04
Mrena	18,72±0,52	72,30±0,11	7,98±0,12	1,31±0,03
Šaran	16,72±0,51	73,91±0,11	7,21±0,08	0,90±0,01
Kečiga	17,60±0,20	75,12±0,10	5,42±0,10	0,91±0,11
Štuka	18,24±0,01	79,03±0,09	1,64±0,04	0,63±0,03

#### 2.3.3.1. Voda

Meso ribe sadrži od 57 do 80 % vode. Varijacije u količini masti utiču značajnije na količinu vode, dok je količina proteina uglavnom konstantna. Zavisnost između količine vode i masti može da se prikaže relacijom:

$$V + m = K \quad [2.12]$$

Pri čemu je V = procenat vode, m = procenat masti, a K = konstanta. Zbir procenata količine vode i procenta količine masti za jednu vrstu ribe je približno konstantan bez obzira na odstupanja količine masti (*Baltić i Teodorović, 1997*). Važno je napomenuti da se ovaj odnos

nakon procesa osmotske dehidracije menja, jer se količina vode u mesu ribe u velikoj meri smanjuje, dok je promena sadržaja masti daleko manja.

U mesu ribe razlikuju se slobodna i vezana voda. U slobodnoj vodi su rastvorene mineralne materije, belančevine i slično, a vezana voda nema ulogu rastvarača i drugačijih je svojstava - mrzne pri temperaturi ispod 0 °C i daje osnovna senzorna svojstva ribi, poput ukusa, konzistencije i elastičnosti (Popović, 2011).

Razlikuju se četiri forme vezane vode (Vereš, 1991; Valent, 2001):

1. Hemijski vezana voda - usled jačine jonske veze između molekula vode i komponenata suve materije može se smatrati da ova voda ulazi u hemijski sastav namirnice i ne može se ukloniti poznatim tehnikama sušenja.
2. Adsorpciono vezana voda je fizičko-hemijskim silama vezana za strukturne elemente. Ona uključuje i koloidno vezanu vodu, koja ulazi u sastav solvacionog sloja hidrofilnih koloida (čini oko 10% ukupne količine vode u mesu). U odnosu na hemijski vezanu vodu, ova voda je vezana silama slabijeg intenziteta.
3. Osmotski vezana voda se javlja samo kod namirnica čije su ćelijske opne polupropustljive. Kada je koncentracija rastvorene supstance u ćeliji veća od koncentracije izvan nje voda iz okolne sredine difunduje u unutrašnjost ćelije. Dakle, ova voda je osmotski vezana i omogućuje pojavu osmotskog pritiska. Energija veze ovako vezane vode je daleko manja od energije adsorpciono vezane vode.
4. Kapilarno vezana voda je polimolekulski sloj vode, fizičkomehaničkim silama vezan za površine zidova kapilara. Kod makrokapilara ( $r > 10^{-7}$ ) mali deo ukupne mase vode je kapilarnim silama vezan za strukturne elemente materijala. Napon vodene pare iznad tela sa kapilarama istog ili većeg poluprečnika se ne razlikuje od napona pare iznad slobodne vode. Fizičko-mehanička veza vode je najmanjeg intenziteta.

Veći deo miovode, oko 85% se nalazi u okviru guste miofibrilarne mreže proteina (unutar-miofibrilarno) a 15% se nalazi izvan miofibrilarne mreže (ekstra-miofibrilarno) (Lavrie, 1998; Huff-Lonergan i Lonergan, 2005).

Voda u unutar-miofibrila se zadržava u prostoru između debelih i tankih filamenata (unutar miofibrilarna voda). Voda u ekstra-miofibrilarnom prostoru se nalazi: u sarkoplazmi u prostoru između miofibrila (među-miofibrilarna voda), između mišićnih vlakana i među-prostoru

snopova vlakana i u prostoru između mišićnih snopova (*Purslow i Trotter, 1994; Pearce i sar., 2011*).

Miovoda u mišićima se može svrstati u jednu od tri frakcije (*Huff-Lonergan i Lonergan, 2005*):

- 1) voda vezana za proteine (hidrofilne grupe mišićnih proteina čvrsto vezuju vodu),
- 2) zarobljena ili imobilisana voda (ima manje uređenu orijentaciju molekula ka naelektrisanim grupama),
- 3) slobodna voda (održana samo pomoću kapilarnih sila, a orijentacija je nezavisna od naelektrisane grupe).

#### 1. Voda vezana u proteinima

Voda zbog dipolnog molekula biva privučena od strane naelektrisanih molekula poput proteina. Ova, proteinski vezana voda ima izuzetno smanjenu pokretljivost i ne prelazi u druge delove tkiva i ostaje vezana čak i tokom primene jake mehaničke ili fizičke sile, kao što su zamrzavanje ili zagrevanje. Vezana voda se razmenjuje sa okolnim molekulima vode, uključujući i imobilisanu vodu (*Huff-Lonergan i Lonergan, 2005; Pearce i sar., 2011*).

#### 2. Imobilisana voda

Imobilisana voda čini i do 85% miovode. Nalazi se u okviru debelih vlakana i između debelih i tankih vlakana miofibrila. Imobilisana voda je vezana ili efektom privlačenja između filamenata ili vodoničnom vezom za protein mišića ili drugi molekul. Tokom konverzije mišića u meso, ova voda može se mobilisati zbog promene u strukturi ćelija mišića i promene u vrednosti pH. Neki od faktora koji mogu uticati na zadržavanje imobilisane vode su naelektrisanje miofibrilarnih proteina, struktura mišićnih ćelija i njene komponente, kao i veličina ekstra-miofibrilarnog prostora unutar samog mišića (*Huff-Lonergan i Lonergan, 2005; Pearce i sar., 2011*).

#### 3. Slobodna voda

Slobodna voda se nalazi u sarkoplazmi, u mišićnim ćelijama u dugim uskim prolazima, kapilarama, gde je voda zadržana međumolekularnom silom između tečnosti i okolnog matriksa. Ova voda se može lako mobilisati primenom spoljnih uticaja (mehanička sila, temperatura) ili pomoću manjih fizičkih sila koje nastaju pri strukturnim promenama (skupljanjem) miofibrila u toku konverzije mišića u meso (*Honikel, 2004*).

Distribucija i mobilnost vode u mišiću (miovodu) imaju veliki uticaj na osnovne attribute kvaliteta mesa poput sočnosti, čvrstine i izgleda. Tokom konverzije mišića u meso i nakon toga, sadržaj miovode, lokacija i mobilnost će se menjati u funkciji brojnih faktora koji zajedno utiču i *ante* (nivo stresa) i *post mortem* (postupak klanja, stopa hlađenja i temperatura) (Honikel, 2004; Pearce i sar., 2011).

Sposobnost vezivanja ili zadržavanja vode (SVV) je osobina mesa da svoju vodu, kao i dodatu vodu, zadrži u većoj ili manjoj meri i pri upotrebi neke spoljne sile (poput pritiska ili zagrevanja). Takođe, meso ima svojstvo bubrenja, odnosno spontanog upijanja dodate tečnosti praćeno povećanjem mase i volumena. Glavni nosilac vezivanja vode u mišiću su miofibrilarni proteini, svakako zbog svoje specifične hemijske građe (Slika 2.8). Na SVV utiču različiti faktori poput: vremena *post mortem*, vrednosti pH, adenzin trifosfat (ATP), dodatak NaCl-a i drugi (Rede i Petrović, 1997; Puolanne i Halonen, 2010).

Dodatak NaCl-a mesu utiče ne samo na sposobnost vezivanja vode već i na promenu ukusa, teksturu, odnosno mekoću i sočnost mesa. Osim toga kuhinjska so ima i konzervišući efekat, jer deluje na smanjenje  $a_w$  mesa, a time i na povećanje njegove održivosti (Rahelić i sar., 1980).

U manjim količinama u kojima se obično dodaje pri tradicionalnom salamurenju (2 – 3%) kuhinjska so deluje na proteine mesa tako što povećava njihovu sposobnost vezivanja vode. Delovanje kuhinjske soli na sposobnost vezivanja vode objašnjava se aktivitetom jona hlora, a efekat soli je veći ako je vrednost pH mesa udaljenija od izoelektrične tačke (Schneider i Rede, 1999; Vignolo i sar., 2010; Petrović i sar., 2011).

Ukoliko se kuhinjska so doda pre nastanka mrtvačke ukočenosti (rigor mortis), ona sprečava formiranje aktomiozinskog kompleksa (Rahelić i sar., 1980; Schneider i Rede, 1999).

Povećanjem koncentracije soli iznad 10% efekat soli se smanjuje, daljem povećanjem koncentracije smanjuje se sposobnost vezivanja vode (Schneider i Rede, 1999).

Veće koncentracije NaCl-a utiču na smanjenje sposobnosti vezivanja vode jer joni neutralne soli prisutni u većim koncentracijama privlače molekule vode i tako ih odvajaju od proteina. Takođe, veće koncentracije soli izazivaju denaturaciju proteina tako da njihova sposobnost vezivanja vode opada (Rahelić i sar., 1980).

Kuhinjska so nepovoljno utiče na promenu boje mesa u mrko sivu, jer intezivira oksidaciju mioglobina (Rahelić i sar., 1980; Olsen i sar., 2004).

Uticaj NaCl na sposobnost vezivanja vode i druge osobine mesa zavisi od brzine prodiranja soli u meso, na koju utiču različiti faktori (vrsta mišića, rastvorljivost proteina, permeabilnost membrana, vreme i temperatura tretmana, primena vakuuma, koncentracija soli i drugi) (*Schneider i Rede, 1999*).

### 2.3.3.1.1. Aktivnost vode

Aktivnost vode ( $a_w$ ) predstavlja odnos napona pare u uzorku i napona pare čiste vode na istoj temperaturi i pri istom ukupnom pritisku (*Chirife i Fontana, 2007*):

$$a_w = P/P_o \quad [2.13]$$

Gde je: P-pritisak vodene pare iznad namirnice;  $P_o$ -pritisak vodene pare iznad čiste vode

Pored temperature,  $a_w$  vrednost se smatra najvažnijim parametrom u procesima prerade i konzervisanja hrane. Mikrobiološke, hemijske i fizičke osobine hrane, kao i specifične promene u senzornim osobinama (boji, aromi, ukusu i teksturi) u direktnoj su vezi sa  $a_w$  (*Chirife i Fontana, 2007; Silva i sar., 2008*).

U poglavlju 2.2.3.1. je već naznačeno da se termodinamičko stanje vode izražava se preko aktivnosti vode ( $a_w$ ) čija vrednost se kreće između 0 i 1 (0 za potpuno suve materije, a 1 za sasvim čistu vodu). Niže  $a_w$  vrednosti pozitivno se odražavaju na mikrobiološku i hemijsku stabilnost, a negativno na teksturu hrane.

Promenom temperature (T), vrednosti pH i aktivnosti vode ( $a_w$ ), može se uticati na stopu rasta mikroorganizama, k (*Doe, 2002*):

$$\sqrt{k} = b(T - T_{min}) \sqrt{(a_w - a_{wmin})} \sqrt{(pH - pH_{min})} \quad [2.14]$$

Gde su:  $T_{min}$ ,  $a_{wmin}$  i  $pH_{min}$  vrednosti pri kojima je stopa rasta mikroorganizma jednaka nuli.

Meso ribe karakteriše kratka održivost i visoka  $a_w$  vrednost (0,946-0,980), koja je pogodna za razvoj većine mikroorganizama (Tabela 2.4) (*Fernández-Salguero i sar., 1993; Ivanović i sar., 2014*).

**Tabela 2.4.** Minimalne  $a_w$  vrednosti za aktivan rast mikroorganizama (Doe, 2002)

Grupa mikroorganizama	$a_{wmin}$
Većina bakterija izazivača kvara hrane	0,91
Većina kvasaca izazivača kvara hrane	0,85
Većina plesni izazivača kvara hrane	0,80
Halofilne bakterije	0,75
Kserofilne plesni	0,65
Osmofilni kvasci	0,60

Optimalna  $a_w$  za rast većine mikroorganizama je u opsegu od 0,99 – 0,98. Granična  $a_w$  vrednost zavisi od vrste mikroorganizama, pH vrednosti, parcijalnog pritiska kiseonika, prisustva hranljivih materija i dr. Ispod granične  $a_w$  vrednosti mikroorganizmi ne rastu, ne formiraju spore, ili toksične metabolite. Snižavanje  $a_w$  vrednosti mesa ribe može se postići sušenjem, dodatkom NaCl-a ili kombinacijom ova dva tretmana (Doe, 2002).

Postupak osmotske dehidracije utiče na smanjenje sadržaja vode i  $a_w$  vrednosti u mesu ribe, a samim tim i ukupan broj bakterija u mesu, smanjujući količinu vode dostupnu mikroorganizmima (Nićetin i sar., 2013).

Sušena riba se može klasifikovati kao delimično ili potpuno suhu proizvod. Pimeri potpuno suvih proizvoda od ribe su (Doe, 2002):

-Bonito (Japan), fileti bez kože kuvani oko 60 do 90 minuta, inokulisani sa plasnima (*Aspergillus glaucus*, *A. Melleus* i *penicillium glaucum*) dimljeni i potom sušeni na suncu mesec dana ( $a_w=0,76$ ).

-Sardela (Malezija), cela riba kuvana u 10% rastvoru soli u posudi od bambusa u trajanju od 1 minut, uz mešanje, a nakon toga se hladi i suši na suncu jedan dan ( $a_w=0,79$ ).

-Bakalar (Norveška), polovine ribe, isprane svežom vodom i okačene da se suše 1 do 2 meseca u prostoriji relativne vlažnosti 70 do 80%, a nakon toga dodatno osušene u prostoriji sa dobrom cirkulacijom vazduha ( $a_w=0,74$ ).

-Tuna (Šri Lanke)-suvo soljena pola sata ili kuvana u rastvoru soli nekoliko minuta. Dimljena i sušena na uglju 10 do 12 ili sušena na suncu 6 do 7 dana ( $a_w=0,64-0,67$ ).

Potpuno suva riba ima rok upotrebe od jedne nedelje do nekoliko meseci ako je adekvatno upakovana i skadištena.

Primeri delimično suvih proizvoda od ribe su:

-Skuša (Indonezija)- tretirana 24 sata u 30% rastvoru soli, sušena na suncu 48 sati ( $a_w=0,89$ ).

-Hujka (Japan)-cela riba kuvana u 10-12% rastvoru oko 10 minuta i nakon toga sušena 2 do 3 dana na suncu ( $a_w=0,98$ ).

-Haringa-polovina ribe, oprana i potopljena u rastvor soli oko 15 minuta, sušena oko 1sat, dimljena na maksimalno 29°C oko 4sata ( $a_w=0,82$ ).

Delimično suvi proizvodi od ribe imaju rok upotrebe oko nedelju dana i obično se drže u frižideru pre konzumacije.

Za uverenje o kontroli kvaliteta soljenih i sušenih proizvoda od ribe primenjuje se sistem zasnovan na analizi hazarda kritičnih kontrolnih tačaka (Hazard Anaysis Critical Control Points - HACCP). Kritična kontrolna tačka (Critical Control Point-CCP) se može definisati kao mesto, procedura ili korak u proizvodnji na kom se može kontrolisati hazard. Kada CCP potpuno kontroliše ili eliminiše hazard označava se kao CCP-1, a kada minimizira, ali ne kontroliše potpuno hazard označava se kao, CCP-2. Kako bi HACCAP sistem bio efikasan mora se primeniti na ceo proces proizvodnje sušenog mesa ribe od ulovljene ribe do finalnog proizvoda (Doe, 2002). U tabeli 2.5 prikazan je audit hazarda pri proizvodnji sušene soljene ribe.

**Tabela 2.5.** Audit hazarda pri proizvodnji sušene soljene ribe (Doe, 2002)

Kritična operacija	Potencijalni rizik	Kritična kontrolna tačka	Preventiva, kontrola, monitoring
Prijem ribe	Mikrobiološki rast	Vreme-temperatura kontrola (CCP2)	Čist led, što kraće vreme zadržavanja pre stavljanja na led, temperatura 1-5°C
Pranje	Bakterijska i hemijska kontaminacija	Higijena (CCP2)	Upotreba čiste vode
Usoljavanje	Mikrobiološka kontaminacija	Higijena (CCP2)	Upotreba čiste soli, provera prisustva halofilnih bakterija, upotreba čistih posuda
Sušenje	Mikrobiološki rast Zaraženost crvima	Vreme-temperatura kontrola (CCP2)	Sniziti $a_w$ na 0,91 za 48sati, prostorija bez insekata
Skladištenje	Mikrobiološki rast Zaraženost insektima	Vlaga, higijena, temperatura i vreme (CCP2)	Vlaga<65%, prostorija bez insekata temperatura <10°C

Hazardi u vezi sa ulovom i isporukom sveže ribe uključuju fizičku i hemijsku kontaminaciju iz spoljašnjih izvora poput mikrobiološke kontaminacije, proizvodnje toksina, autolize, denaturacije proteina, oksidacije i drugih biohemijskih reakcija, koje se mogu



minimizirati, ali ne i potpuno ukloniti (CCP-2). Tokom soljenja, sušenja i skladištenja, takođe postoji mogućnost za fizičku, mikrobiološku i biohemijsku degradaciju, takođe označene kao CCP-2 (Doe, 2002).

### 2.3.3.2. Proteini

Proteini su sastojci ribljeg mesa od najveće vrednosti, koje je potrebno sačuvati u toku procesa obrade, čija količina varira (od 12,8 do 21,00%) u zavisnosti od vrste ribe. Izrazita vrednost proteina ribe ogleda se u lakoj probavljivosti (2 do 3 sata), boljem iskorištenju i pogodnom aminokiselinskom sastavu. Izoelektrična tačka strukturnih belančevina je pri vrednosti pH od 4,5 do 5,5, a riblji kolagen je termolabilniji i sa više labilnih unakrsnih veza.

Sa strane nutritivne vrednosti, riblji protein je približno jednak sa crvenim mesom, što se tiče sadržaja potrebnih aminokiselina (Potter i Hotchkiss, 1995. Gram i Huss, 2000). Proteini ribe sadrže sve esencijalne aminokiseline (tabela 2.6.). Od svih prisutnih esencijalnih aminokiselina u mesu ribe najveći je sadržaj lizina. Lizin je izuzetno važna aminokiselina čija je glavna uloga učešće u sintezi proteina, a pored toga pomaže proizvodnju enzima, hormona i antitela, stimuliše proizvodnju kolagena i elastina, olakšava vezivanje kalcijuma za koštano tkivo i smanjuje nivo lošeg holesterola u organizmu (Kurpad i Young, 2003; Tomé i Bos, 2007).

**Tabela 2.6.** Sadržaj esencijalnih aminokiselina u belančevinama različitog porekla, izražen u procentima (Huss, 1995.)

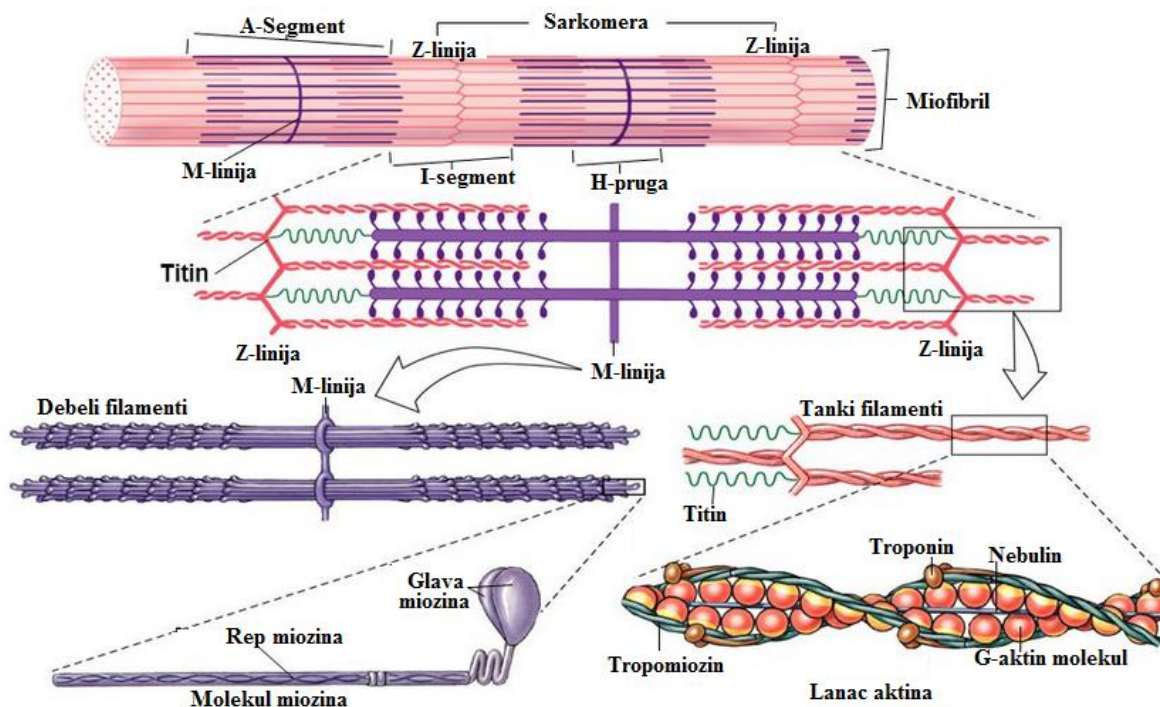
Aminokiseline	Riba	Mleko	Govedina	Jaja
Lizin	8,8	8,1	9,3	6,8
Triptofan	1,0	1,6	1,1	1,9
Histidin	2,0	2,6	3,8	2,2
Fenilalanin	3,9	5,3	4,5	5,4
Leucin	8,4	10,2	8,2	8,4
Izoleucin	6,0	7,2	5,2	7,1
Treonin	4,6	4,4	4,2	5,5
Metionin-cistin	4,0	4,3	2,9	3,3
Valin	6,0	7,6	5,0	8,1

Proteini mesa riba mogu da se podele u tri osnovne grupe:

- a) proteini sarkoplazme
- b) proteini miofibrila
- c) proteini vezivnog tkiva.

Proteini sarkoplazme rastvorljivi su u vodi i čine od 20 do 35% ukupnih mišićnih proteina. Oni nisu otporni na zagrevanje, odnosno u toku zagrevanja precipituju i ne utiču na teksturalne osobine mesa ribe, a važni su za metabolizam ćelije. Proteini sarkoplazme obuhvataju preko 50 različitih protein uglavnom sa metaboličkom funkcijom (mitohondrijalni, lizozomski, mikrozosmski, jedarni ili slobodni u ćelijskoj tečnosti) i mioglobin. Mioglobin je najznačajniji sarkoplazmatski protein, od njega potiče crvena boja mesa. On spada u grupu albumina, jer je rastvoran u vodi ima ulogu reverzibilnog vezivanja kiseonika. U mesu ribe mioglobin se nalazi samo u tragovima, dok u crvenim mišićima njegova količina može da bude slična kao i kod mesa (crvenog) toplokrvnih životinja (*Baltić i Teodorović, 1997; Lawrie i Ledward, 2006*).

Proteini miofibrila (Tabela 2.7) su nosioci kontrakcije mišića. Oni su zastupljeni od 65 do 75% od ukupne količine mišića. Postoje debeli i tanki filamenti koji su specifično povezani dajući izgled poprečne prugavosti skeletnih mišića (Slika 2.8). Sarkomera je gradivna jedinica miofibrila u kojoj se nalaz i do 65 različitih proteina, a najvažniji su miozin i aktin. Elektroforetskim ispitivanjima je ustanovljeno da pored miozina, aktina i tropomiozina, kao osnovnih i najzastupljenijih, miofibrilarne proteine čine u manjim količinama i proteini koji postoje u mesu sisara, a to su: C-protein, M-protein, alfa-aktinin, troponin „T“, troponin „I“ i troponin „C“.



**Slika 2.8.** Šematski prikaz ultrastrukture miofibrila (<http://images.slideplayer.com>)

Debeli (miozinski) miofilamenti su izgrađeni od oko 200 molekula miozina zajedno sa C-proteinom i M-proteinom. Miozin je najzastupljeniji miofibrilarni (kontraktilni) protein u skeletnom mišiću i čini oko 50% ukupnih proteina miofibrila. Molekul miozina se sastoji od dve identične podjedinice, a svaka jedinica od repa (laki meromiozin), vrata (teški meromiozin) i glave (teški meromiozin).

M-pruga se nalazi u središnjem delu miozinskog filamenta gde povezuje repove molekula miozina i na taj način održava raspored miozinskih molekula u debelom filamentu.

Tanki miofilamenti su građeni najviše od molekula aktina (do 400 molekula), zatim molekula tropomiozina i troponina (do 60 molekula), a njihovoj građi učestvuju i  $\alpha$ - i  $\beta$ -aktinin, vinkulin i filamin.

Pored debelih i tankih miofilamenta u strukturnoj građi sarkomere učestvuju i "gap" ili međuprostorni filamenti, koji su građeni od titina i nebulina.

Z-membrana predstavlja veoma važnu tvorevinu kako za strukturu miofibrila tako i za strukturu čitavog mišićnog vlakna. Z-membrana se vidi kao cik-cak linija, a za njenu strukturu odgovorni su proteini aktin,  $\alpha$ -aktinin, zeugmatin i titin.

**Tabela 2.7.** Miofibrilarni proteini riba (*Méndez i Abuín, 2012*)

Protein	Sadržaj, %	Molarna masa
Miozin	50-58	Dva duga (200,000 i 240,000) i dva kratka (15,000 i 28,000) peptidna lanca
Aktin G	15-20	41,785
Tropomiozin	4-6	70,000
Troponin	4-6	72,000
Paramiozin	2-19	200,000-258,000

Sadržaj proteina vezivnog tkiva u mišićima riba niži je nego u mišićima sisara i uglavnom je konstantan, odnosno ne povećava se sa starenjem kao kod sisara. Proteini vezivnog tkiva mišića riba čine od 3 do 10% ukupnih proteina. Osnovni proteini vezivnog tkiva su kolagen i elastin. Kolagen je glavna komponenta sa udelom do 90%, a ostatak čini elastin. Vlakna kolagena su nerastvorljiva, dobrih mehaničkih osobina i utiču na teksturu mesa.

Temperatura skupljanja kolagena je mišića riba je oko 45°C, dok je za mišiće sisara ova temperature viša (60-65°C). Ovi faktori čine meso ribe mekšim u odnosu na meso sisara (*Huss, 1995; Baltić i Teodorović, 1997; Méndez i Abuín, 2012; Lawrie i Ledward, 2006; Puolanne i Halonen, 2010*).

Termalna denaturacija proteina mišića riba menja teksturalne osobine mesa ribe i sposobnost vezivanja, što utiče na lakše odvajanje mišića od kosti, kao i izdvajanje vode iz mišića. Najlabilniji proteini su proteini sarkoplazme i miozin. Termalna stabilnost miozina različitih vrsta riba varira od 46,5°C do 75,5°C (*Méndez i Abuín, 2012*).

Osmotska dehidracija mesa ribe na 50°C dovodi do početka degradacije mišića ribe, a to je jedan od razloga njene efikasnosti u uklanjanju vode.

Temperature iznad 50°C ne koriste se za osmotsku dehidraciju mesa ribe, jer je iznad ove temperature intenzivirana degradacija proteina (*Mujaffar i Sakat, 2006*). Primena nižih temperatura od 20°C povećava viskozitet osmotskog rastvora i otežava mešanje i zadovoljavajući prenos mase tokom procesa (*Lazarides i sar., 1995; Filipović, 2013*). Čelijska membrana, sirovine koja se dehidrira, pri dužim izlaganjima osmotskom rastvoru visoke

temperature gubi svoju selektivnost, pa je neophodno odrediti optimalnu procesnu temperaturu (Saputra, 2001).

### 2.3.3.3. Nепroteinske azotne materije

Meso ribe posebno karakterišu trimetilnooksid, urea i gvanidinske baze. Ova jedinjenja su naročito zastupljena u mesu hrskavičavih riba (morski psi, raže). Trimetilnooksidaze kod hrskavičavih riba ima od 1,0 do 1,5%, a u mesu slatkovodnih riba ima ga u neznatnim količinama.

Karakterističan miris ribe potiče od trimetilamina koji nastaje razlaganjem trimetilnooksida pomoću mikroorganizama. Trimetilamin nastaje i iz mlečne kiseline (pri rigor mortis). U svežoj ribi količina trimetilamina je od 0,66 do 1,7 mg. Početak „kvara“ se registruje pri količini trimetilamina od 4 do 6 mg %. Izrazit miris pokvarene ribe se zapaža kada je količina ovog jedinjenja 10 mg %, a izrazito je jak kad trimetilamina ima između 20 i 30 mg % (Grbić, 2014).

### 2.3.3.4. Masti

Kvalitet mesa riba je veoma varijabilan, a od svih sastojaka mesa ribe najveća su odstupanja u sadržaju masti (od 0,5 do 28%), što zavisi od sistema gajenja, polnog ciklusa, ishrane, starosti i pola ribe (Burst i Hardy, 1992; Ćirković i sar., 2015).

Prema sadržaju masti razlikuju se:

- posne ribe sa manje od 0,5 do 5% masti (oslić, škarpina, zubatac, iverak, smuđ, linjak, grgeč, štuka, pastrmka),
- polumasne ribe sa 5 do 10% masti (sardela, bakalar, incun, cipal, ugor, sitna bela riba, amur, tostolobik, deverika, mrena, jesetra, klen),
- masne ribe sa više od 10% masti (papalina, skuša, haring, losos, tuna, šaran, som) (Baltić i Teodorović, 1997).

U odnosu na mast kopnenih životinja, mast ribe na sobnoj temperaturi je tečna, jer ima visoke količine glicerida nezasićenih masnih kiselina (mono i polinezasićene). Riblja mast sadrži 17% do 21% zasićenih i 79% do 83% nezasićenih masnih kiselina.

Kod riba su utvrđena sezonska odstupanja u količini masti. Tokom zimskog perioda se povećava količina masti u mesu ribe. Usled pada temperature aktiviraju se enzimi (glukozo 6-fosfat dehidrogenaza i fosfoglukonat dehidrogenaza), koji ubrzavaju sintezu masnih kiselina, a time se povećava količina masti u telu ribe (*Grbić, 2014*).

Na osnovu sadržaja razlikuje se još jedna kategorija riba, visokomasne vrste riba, koje deponuju mast u potkožno masno tkivo. U ovu kategoriju spadaju: jegulja, kečiga i tovljeni šaran. Prema raspodeli masti u telu, riba se deli na belu i plavu. Sadržaj masti u mesu bele ribe je nizak (oko 1%) i mast se deponuje u jetri i trbušnoj šupljini. Kod plave ribe mast se skladišti po celom telu u masnim ćelijama (*Pavličević i sar., 2014*).

### 2.3.3.5. Neorganske materije

Meso ribe obiluje mineralnim materijama, koje je potrebno sačuvati u toku prerade. Većina mineralnih materija u mesu ribe prisutna je u minimalnim količinama (mikroelementi). Meso ribe sadrži više neorganskih materija nego meso kopnenih životinja. Mnogostruko je viši sadržaj kalijuma u ribljem mesu. Mala količina natrijuma u mesu riba čini ga pogodnim za dijetalnu ishranu koja uključuje malu količinu natrijuma.

Količina neorganskih materija je od 1,0 do 1,5%. Mineralne materije su zastupljene u obliku soli, najvećim delom soli Na, K, Ca, Mg i P. Najviše ima fosfora (170 do 270 mg %), kalcijuma (15 do 100 mg %) i magnezijuma (20 do 35 mg %) (*Stamenković i Dević, 2006; Mikavica i sar., 2000; Grbić, 2014*). Takođe, meso riba je bogato Fe, Cu, J, Cr, F i Zn, ali se ovi elementi u mesu riba nalaze u mnogo manjem procentu. Smatra se da ishrana u velikoj meri utiče na sadržaj minerala i vitamina u mesu riba (*Maange i sar, 1991; Bogut i sar, 1996*).

### 2.3.3.6. Vitamini

Meso ribe je bogat izvor vitamina, naročito vitamina B kompleksa, a kod masnijih riba visok je sadržaj liposolubilnih vitamina A i D. Količina vitamina zavisi od vrste i kategorije ribe, godišnjeg doba i delova ribe (*Čirković i sar., 2015*). Sa promenom količine masti varira i količina ovih vitamina u mesu ribe. Kod riba sa više masti veća je količina vitamina A. Vitaminima A i D naročito je bogata jetra.

Morske vrste riba imaju veću količinu vitamina, u odnosu na slatkovodne ribe. Meso ribe sadrži i vitamine E, H, F, K, B1 i B2. Količina vitamina C u mesu ribe je neznatna (Grbić, 2014).

Vitamini E i D su u većoj meri zastupljeni u mesu riba nego u mesu toplokrvnih životinja, s tim da su morske ribe bogatije ovim vitaminima od slatkovodnih. Tamno riblje meso bogato je riboflavinom, a belo niancinom (Bogut i sar., 1996).

### 2.3.3.7. Ugljeni hidrati

Ugljenih hidrata u mesu riba ima vrlo malo, svega 0,5 do 0,8% i to u najvećoj meri glikogena, a manjim delom nukleotida koji su izvor riboze pri autolitičkim postmortalnim promenama. Najveći uticaj na količinu ugljenih hidrata u mesu riba imaju nutritivni status, umor i stres. Usled manje količine glikogena, vrednost pH mesa riba iznosi od 6,4 do 6,8, a upravo tako visoka vrednost pH mesa jedan je od razloga kvarljivosti (Žlender, 2000; Popović, 2011.).

### 2.3.4. Srebrni karaš (*Carassius gibelio*)

*Carassius gibelio* (Bloch, 1782), srebrni karaš ili babuška, pripada klasi Actinopterygii, redu Cypriniformes i familiji Cyprinidae, rasprostranjena je i veoma adaptivna riba (Matić i Jurakić, 2006; Perendija, 2012). Srebrni karaš je slatkovodna riba, vrlo otporna na oboljenja i loše životne uslove, naročito na manjak kiseonika, a često ostaje neulovljena u vreme jesenjih ribolova, zbog sposobnosti zavlačenja u mulj (Stepić, 2005). Vrsta ribe potiče iz istočne Azije, a u Vojvodini se pojavila šezdesetih godina, a sada čini oko 20 % ulova.

Srebrni karaš dostiže maksimalnu dužinu i do 45 cm, dok je prosečna dužina 20 cm, i maksimalnu masu i do 1 kg. Telo im je promenjive boje, leđa su zelenkasto smeđa, a bokovi zelenkasto sivi, na nekim delovima se mogu naći izrazito crvene, crne ili bele pege (Stepić, 2005; Matić i Jurakić, 2006).



**Slika 2.9.** Srebrni karaš (*Carassius gibelio*)(Kalous i sar., 2012)

Srebrni karaš ima kratko i široko telo, prekriveno upadljivim krljuštima srebrnkasto-smeđe boje (Slika 2.9.), malu glavu, bez brkova i krupne oči. Leđno peraje ima veoma dugu osnovu, dok je slobodna ivica prava ili konveksna. Prva žbica leđnog peraja je nazubljena sa zadnje strane. Analno peraje ima umereno dugu osnovu i karakterističnu oštru i nazubljenu bodlju. Leđa su zeleno-smeđa i grbava, a bokovi srebrnkasti i često sa primesama žute boje, dok je stomak bele ili krem boje. Leđno i repno peraje su sivo-smeđi, dok su grudna, trbušna i analno svetlo sivi. Peritoneum je crn (Simonović, 2001; Perendija, 2012).

Karakteriše ga intenzivan tempo rasta, a glavna biološka osobina odgovorna za invazivnost ove vrste je reprodukcija giogenezom. Srebrni karaš ima sposobnost razmnožavanja iz neoplođenih jaja, tj. sperma ove ili srodne vrste mužjaka potrebna je samo za stimulaciju razvoja ikre što dovodi do formiranja populacija sa isključivo ženskim jedinkama. Ova vrsta ribe se mresti kada je temperatura vode iznad 20°C, od maja od jula, a nekad i do kraja leta (Simonović, 2001; Perendija, 2012).

Srebrni karaš je izuzetno prilagodljiva vrsta, stoga je brojna u gotovo svim vodama i crnomorskog i jadranskog sliva. Ova riba je prisutna u gotovo svim ribnjacima, gde je konkurentna vrsta šaranskoj populaciji, pa samim tim i nepoželjna, jer smanjuje priraštaj šarana i povećava ekonomske troškove (Tomljanović i sar., 2012).

Ova vrsta ribe se hrani sitnijim beskičmenjacima, insektima, planktonima, biljem i drugom raznovrsnom hranom, a životni vek srebrnog karaša može da bude i dvadesetak godina (Simonović, 2001; Sepić, 2005).

U Republici Srbiji srebrni karaš nije omiljena riba, zbog velikog broja sitnih kostiju. Međutim, u Kini je ova vrsta ribe znatno cenjenija od šarana zbog izuzetno hranjivog mesa.



Poznato je da randman predstavlja masu očišćene ribe u odnosu na masu žive ribe. Vrsta, starosna kategorija, sistem gajenja i način ishrane ribe imaju značajan uticaj na randma (Ljubojević i sar., 2012). Randman srebrnog karaša je 69,70%, dok je kod šarana 59,1%. Količina masti u odnosu na 1 kilogram mesa iznosi 5,52% dok je kod ljuskavog šarana 3% (Hänfling, i sar., 2005).

Meso srebrnog karaša u proseku sadrži: 76,24±0,39% vode, 4,63±0,32% masti, 17,99±0,338% proteina i 0,93±0,03% mineralnih materija (Izci, 2012). Koncentracija holesterola u mesu srebrnog karaša je na prosečnom nivou ispod 20 mg/100g mesa, što meso ove ribe čini nutritivno veoma dragocenim (Živković i sar., 2002). Dugi lanci  $\omega$ -3 polinezasićenih masnih kiselina se ne mogu sintetisati u ljudskom organizmu i moraju se uneti ishranom (Alsalvar i sar., 2002). Ova riba je dobar izvor  $\omega$ -3 masnih kiselina (29,42±0,38) i ukupnih polinezasićenih masnih kiselina (43,99±3,32) (Cakmak i sar., 2012).

Odnos  $\omega$ -3/  $\omega$ -6 je koristan indikator za poređenje nutritivne vrednosti ribljeg ulja (Piggot i Tucker, 1990), a unos hrane sa visokom vrednošću ovog indikatora je od esencijalne važnosti u prevenciji koronarnih oboljenja srca (Kinsella i sar, 1990). Za meso srebrnog karaša vrednost odnosa  $\omega$ -3/  $\omega$ -6 iznosi 2,02±0,40 (Cakmak i sar., 2012). Srebrni karaš ima sportsko-ribolovni značaj, ali malu komercijalnu vrednost (Simonović, 2001; Kottelat i Freyhof, 2007). Osmotski dehidrirani proizvodi od mesa ove ribe nakon finalne obrade se mogu plasirati na tržište i zainteresovati potrošače za veću konzumaciju.

Veliki sadržaj vode (i do 80%) i visoka aktivnost vode ( $a_w$  vrednost) čine tkivo ribe idealnim za razvoj mikroorganizama i jednom od najbrže kvarljivih namirnica (Oladele i Odedeji, 2008; Aberoumand 2010; Gandotra i sar. 2012; Begum i sar. 2013). Usporavanje kvarenja mesa ribe se može postići različitim metodama prerade i konzervisanja (zamrzavanjem, hlađenjem, usoljavanjem ili dimljenjem). Jedna od metoda konzervisanja za smanjenje sadržaja vode u hrani, potapanjem u hipertonične rastvore, sa minimalnim narušavanjem kvaliteta finalnog proizvoda je osmotska dehidratacija (Vivanco i sar., 2004; Aberoumand 2010).

### 2.3.5. Upotrebna vrednost osmotski dehidriranih proizvoda

Snek proizvodi se mogu definisati kao hrana koja se konzumira između glavnih obroka (Bechtel, 2001). Ovi proizvodi su veoma raznovrsni, najčešće konzumirani snek proizvodi dobijaju se od žitarica, brašna kukuruza, ili krompira (Obatolu i sar., 2006). Prema sastavu i načinu obrade u promet se stavljaju kao čips, čips proizvodi, proizvodi na bazi peleta, flips, ekspanzirani proizvodi i pečeni i suvopečeni plodovi, semenke i srodni proizvodi (<http://www.tehnologijahrane.com/pravilnik>). Iako su u poslednjih nekoliko godina snek proizvodi su označeni kao nezdrava hrana, na globalnom nivou potrošeno je preko 374 milijardi dolara na snek proizvode između 2013. i 2014. godine (<http://www.nielsen.com>).

Generalno danas, se teži proizvodnji snek proizvoda sa manje soli i ulja, koji sadrže više vrsta žitarica, povrća, voća ili vlakana (Dueik i Bouchon, 2011). Popularne dijete koje promovišu zdrav način ishrane, povećan unos količine proteina i smanjen unos ugljenih hidrata usmerile su pažnju potrošača ka snek proizvodima od mesa (Johnson i Anderson, 2010).

Proizvodi od mesa sniženog sadržaja vode imaju dugu tradiciju, a osmišljeni su prvenstveno da spreče brzo kvarenje i produže rok trajanja mesa (Bechtel, 2001). U svetu su popularni različiti proizvodi od mesa sniženog sadržaja vode (Tabela 2.8.).

**Tabela 2.8.** Proizvodi od mesa sa sniženim sadržajem vode (Bechtel, 2001)

Naziv	Region ili država
Beef jerky	Severna Amerika
Biltong	Južna Afrika
Bunderfleisch	Evropa
Carne de sol	Južna Amerika
Charqui	Južna Amerika
Dendeng giling	Indonezija
Fermentisane kobasice	Evropa
Khundi	Afrika
Pastirma	Turska
Pemmican	Severna Amerika
Pršut	Evropa
Sou song	Kina
Spreck wurst	Evropa
Quanta	Afrika

Sušeni proizvodi od ribe mogu se podeliti na tradicionalne i snek proizvode. Kao snek proizvodi od ribe u svetu se najčešće se konzumiraju: incuni, sardine, haringa, skuša, jegulja i komadi filea većih riba. Najveća raznovrsnost sušenih riblji proizvoda je u Japanu. U Indiji popularan snek proizvod od sušene ribe je Bombay duck. Keropok je riblji kreker poznat u Aziji. U Severnoj Americi i Evropi, proizvode se snek proizvodi od mlevenog mesa bele ribe koje se preko valjaka osmotski suši (Bechtel, 2001; Neiva i sar. 2011; Wang i sar., 2011).

Osmotski tretirana hrana nije finalni već poluproizvod proizvod, koji se može iskoristiti kao dodatak postojećim ili za proizvodnju novih prehrambenih proizvoda.

U Sjedinjenim Američkim Državama proizvodi od osmotski dehidriranog mesa najviše se koriste kao hrana za vojnike zbog visoke hranljivosti, velikog sadržaja proteina i dugog roka trajanja (Slika 2.10.) (<http://www.militaryfood>).



**Slika 2.10.** Proizvodi od osmotski dehidriranog mesa (<http://www.prosafebeef>)

Osmotski dehidrirana hrana animalnog ili biljnog porekla zbog smanjenog sadržaja vode veoma je pogodna sirovina za punjenje različitih pekarskih proizvoda (Slika 2.11.).



**Slika 2.11.** Biskvitni kolači sa dodatkom osmotski dehidriranog voća i povrća u melasi šećerne repe

Osmotski dehidrirano meso srebrnog karaša može se upotrebiti kao glavna ili dodatna sirovina za proizvodnju čitavog niza različitih proizvoda od ribe: ribljih štapića (*Elyasi i sar., 2010; Rezaei i Hedayatifard, 2013*), testenine (*Lakshmi i sar. 2013*), ekspaniranih kukuruznih snek proizvoda sa mesom ribe (*Shaviklo i sar., 2011*), pirinčanih snek proizvoda sa mesom ribe (*Pansawat i sar., 2008*), ribljih krekeri (*Cheow i sar., 2005; Neiva i sar. 2011*), ekstrudiranih ribljih snek proizvoda (*Kong i sar., 2006; Wianecki, 2007; Wang i sar., 2011*) i drugih proizvoda.

Niska cena, dostupnost u velikim količinama i visoka hranljiva vrednost glavne su prednosti primene mesa ove vrste ribe.

### 3. EKSPERIMENTALI DEO

Mesto eksperimentalnog istraživanja doktorske disertacije bile su laboratorije Tehnološkog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu. Mikrobiološke, hemijske i senzorske analize urađene su u akreditovanim laboratorijama Naučnog instituta za prehrambene tehnologije (FINS) u Novom Sadu. Eksperimentalni rad je obuhvatao četiri celine:

1. Ispitivanje uticaja prirode i koncentracije hipertoničnih rastvora, temperature i vremena imerzije na kinetiku prenosa mase tokom procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša.
2. Analizu uticaja prirode i koncentracije hipertoničnih rastvora, temperature i vremena imerzije na promenu sadržaja minerala (Na, K, Ca i Mg) u toku procesa osmotske dehidracije mesa ribe.
3. Hemometrijsku analizu i optimizaciju procesa, sa ciljem unapređenja efikasnosti osmotskog tretmana i pronalaženja optimalnih tehnoloških parametara.
4. Karakterizaciju osmotski dehidriranog ribljeg polupoizvoda (mikrobiološkim, hemijskim i senzornim analizama).

#### 3.1. Materijal

Riba, srebrni karaš (*Carassius gibelio*), kupovana je u ribarnici u Novom Sadu, neposredno pre eksperimentalnog rada. Prosečni sadržaj suve materije u uzorcima ribe iznosio je  $23,975 \pm 1,965\%$ .

Za pripremu osmotskih rastvora upotrebljene su sledeće sirovine: melasa šećerne repe, komercijalni natrijum hlorid (NaCl), komercijalna saharoza i destilovana voda.

Prehrambena, rafinisana, kuhinjska so (99-99,50% čistoće kristala) i Sunoko kristal šećer (99,70% čistoće kristala) kupovani su u marketu u Novom Sadu.

Za potrebe eksperimenta, melasa šećerne repe nabavljena je iz šećerane u Crvenki, Srbija, i do upotrebe čuvana je u zatvorenim plastičnim posudama na sobnoj temperaturi. Prosečan sadržaj suve materije u melasi, određen refraktrometrom, iznosio je 84,54%.

U tabeli 3.1 prikazan je osnovni hemijski sastav melase šećerne repe primenjene u eksperimentima. Kako bi se postigle željene koncentracije osmotskog rastvora melasa je razređivana destilovanom vodom.

**Tabela 3.1.** Osnovni hemijski sastav melase šećerne repe primenjene u istraživanju

Sadržaj	
Suva materija, (%)	84,54
Saharoza, (%)	49,79
Ukupni redukujući šećeri, (%)	52,23
Invertni šećer, (%)	0,49
Kalijum, mg/100g	2399,76
Natrijum, mg/100g	446,21
Kalcijum, mg/100g	266,31
Magnezijum, mg/100g	56,39
Gvožđe, mg/100g	4,41
Zink, mg/100g	0,98
Mangan, mg/100g	0,22

### 3.2. Eksperimentalni postupak osmotske dehidracije

Pre početka eksperimenta, radne površine i alati su temeljno očišćeni, oprani i dezinfikovani farmaceutskim etanolom koncentracije 70 % v/v. Riba je kupovana živa, nakon klanja i čišćenja, ohlađena je na temperaturu frižidera. Za osmotsku dehidraciju upotrebljeni su bočni mišići ribe sa koji je uklonjena koža i veće kosti. Pomoću kuhinjskog noža i makaza, riba je očišćena, filetirana i isečena na trake približnih dimenzija 1x1x0,5 cm.

Za osmotsku dehidraciju mesa srebrnog karaša primenjena su tri različita osmotska rastvora:

- OR<sub>1</sub>, vodeni rastvor natrijum horida i saharoze,
- OR<sub>3</sub>, melasa šećerne repe,
- OR<sub>2</sub>, kombinacija osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i OR<sub>3</sub> u masenom odnosu 1:1.

Osmotski rastvor OR<sub>1</sub> pripremljen je električnom propelerskom mešalicom kojom je u potpunosti rastvoreno 350 g komercijalnog, kristalnog NaCl i 1200 g komercijalne, kristalne, saharoze u 1 kg destilovane vode (*Colligan i sar., 2001; Qi i sar., 1998*). U dobijenom

hipertoničnom rastvoru natrijum hlorid i saharoza su na granici rastvorljivosti ([www.chem.wisc.edu](http://www.chem.wisc.edu); [www.sugartech.co.za](http://www.sugartech.co.za)).

Maksimalna koncentracija suve materije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> bila je 60 %. Kako bi se ispitaio uticaj koncentracije rastvora na proces osmotske dehidracije, dodatkom destilovane vode u masenom odnosu voda:osmotski rastvor= 1:7 i 1:3. Osmotski rastvor OR<sub>1</sub> bio je razblažen do koncentracija suve materije od 52,5% i 45%, respektivno.

Kao osmotski rastvor OR<sub>3</sub> upotrebljena je melasa šećerne repe (84,54%) koja je razblažena destilovanom vodom do 80% sadržaja suve materije, a zatim je bila razblažena do koncentracije suve materije od 70% i 60%, dodatkom destilovane vode u odnosu voda:melasa= 1:7 i 1:3.

Osmotski rastvor OR<sub>2</sub> bio je homogena smeša osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i osnovnog rastvora OR<sub>3</sub>-melase šećerne repe (80% s.m.), u masenom odnosu 1:1. Sadržaj suve materije ovako dobijenog osmotskog rastvora iznosio je 70%. Zatim je za potrebe ispitivanja uticaja koncentracije osmotskog rastvora na proces osmotske dehidracije razblažen destilovanom vodom u masenom odnosu voda:rastvor OR<sub>2</sub>=1:7 do koncentracije suve materije od 61,25%, odnosno voda:rastvor OR<sub>2</sub> = 1:3 do koncentracije suve materije od 52,5%.

Isti odnos mase vode i rastvora (1:7 i 1:3) za potrebe variranja koncentracija osmotskih rastvora primenjen je da bi se pripremila ekvivalentna razblaženja, odnosno svi osmotski rastvori su razblaženi jednakom količinom destilovane vode.

Kako bi se obezbedili konstantni uslovi koncentracije hipertoničnih rastvora tokom procesa osmotske dehidracije i izbeglo njegovo razblaženje, usled prelaza vode iz mesa ribe u osmotski rastvor, maseni odnos uzoraka ribe i osmotskog rastvora bio je 5:1. Plastičnim mrežicama obezbeđeno je potpuno potapanje uzoraka u osmotski rastvor bez plutanja uzoraka po površini rastvora.

U zavisnosti od mase početnog uzorka, cilja ispitivanja i daljih analiza, proces osmotske dehidracije, odvijao se:

- u staklenim laboratorijskim čašama od 800 ml,
- u eksperimentalnom postrojenju za diskontinualnu osmotsku dehidraciju (za potrebe ispitivanja senzornih, hemijskih i mikrobioloških karakteristika dehidriranog mesa ribe, gde je masa uzoraka bila veća).

Uzorci ribe uranjani su u hipertonične rastvore definisanih koncentracija, procesi osmotske dehidracije su se odvijali pri atmosferskom pritisku, na definisanim i konstantnim temperaturama procesa (10°C, 20°C, 35°C i 50°C) u termostatu, a ukupno vreme trajanja osmotskog tretmana bilo je 5 časova.

Kako bi rezultati bili uporedivi, uslovi homogenizacije hipertoničnih rastvora bili su jednaki (intenzitet, vreme trajanja i učestalost mešanja) pri svim temperaturama procesa i koncentracijama osmotskih rastvora.

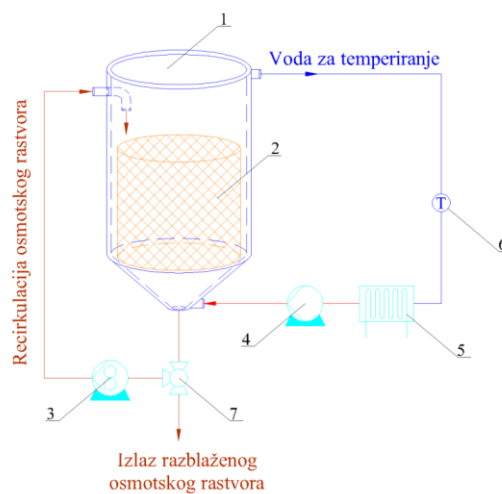
Uzorci dehidrirane ribe vađeni su iz osmotskih rastvora, nakon 1, 3 i 5 časova trajanja procesa, a zatim ispirani vodom. Filter hartijom otklanjana je zaostala voda od ispiranja sa površine svih komadića mesa ribe.

Za potrebe karakterisanja dehidriranih uzoraka mesa ribe, masa početnog uzorka je iznosila 600 g, a proces osmotske dehidracije odvijao se u eksperimentalnom pilot postrojenju za diskontinualnu osmotsku dehidraciju (slika 3.1.).

Ovaj uređaj je projektovan i konstruisan na Tehnološkom faklutetu, Univerziteta u Novom Sadu za potrebe naučnog projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR20112 (2008.-2011. godina) (Lević i sar., 2009).



a)



b)

**Slika 3.1.** Izgled (a) i šema (b) eksperimentalnog postrojenja za diskontinualnu osmotsku dehidraciju (Filipović, 2013)



Uređaji postrojenja za diskontinualnu osmotsku dehidraciju izrađeni su od nerđajućeg čelika u skladu sa standardima propisanim za prehrambenu industriju. Postrojenje se sastoji od: cilindričnog reaktora sa duplikatorskim zidovima (pozicija 1), perforiranog kontejnera za materijal koji se dehidrira (pozicija 2), pumpe za recirkulaciju osmotskog rastvora (pozicija 3), pumpe za cirkulisanje vode za temperiranje (pozicija 4), grejača sa termostatom za vodu (pozicija 5), kontrolnog termometra (pozicija 6) i ventila za usmeravanje osmotskog rastvora (pozicija 7).

Cilindrični reaktor sa duplikatorskim zidovima, konusnim dnom i ispustom za tečnost je zapremine 36 dm<sup>3</sup>. U ovaj reaktor sipa se osmotski rastvor (OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> ili OR<sub>3</sub>) i u njega uranja perforirani kontejner sa materijalom koji se dehidrira. Kontejner za uzorke koji se osmotski dehidriraju je izrađen od nerđajućeg čelika, cilindričnog je oblika i ima perforacije prečnika 2,5 mm.

Kroz dvostruki zid reaktora cirkuliše zagrejana voda koja održava radnu temperaturu tokom eksperimenta. Voda se zagreva u grejaču sa termostatom (pozicija 5), cirkulacija vode se postiže pomoću pumpe za vodu (pozicija 4), a temperatura kontroliše termometrom (pozicija 6).

Postrojenje za osmotsku dehidraciju opremljeno je i pumpom (pozicija 3) koja omogućava recirkulaciju osmotskog rastvora. Pumpa (pozicija 3) usisava tečnost sa dna rezervoara i potiskuje je ka vrhu suda. Ventil (pozicija 7) mora biti postavljen u položaj za recirkulaciju osmotskog rastvora, jer on služi i za pražnjenje reaktora.

Po isteku vremena dehidracije vadi se perforirani kontejner (pozicija 2), a uzorci za dalje analize su tretirani identično kao i u slučaju osmotske dehidracije uzoraka ribe za potrebe određivanja optimalnih tehnoloških parametara procesa, uz razliku da je za potrebe određivanja mikrobiološkog profila korišćena sterilisana voda za ispiranje uzoraka dehidrirane ribe.

Masa uzoraka dehidrirane ribe, nakon procesa osmotske dehidracije, merena je na vagi KERN 440-35N, tačnosti ±0,01 g.

Deo uzoraka dehidrirane ribe izmeren je za potrebe određivanja sadržaja suve materije, a zatim sušen do postizanja konstantne mase na temperaturi od 105°C u sušnici (Instrumentaria Sutjeska, Hrvatska). Nakon postizanja konstantne mase, određivani su sadržaji suve materije dehidriranih i svežih uzoraka, na osnovu razlike masa pre i posle konvektivnog sušenja.

### 3.3. Proračuni parametara osmotske dehidracije potrebni za hemometrijsku analizu

Na osnovu sledećih izraza izračunati su odzivi procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša (*Le Marguer, 1988*):

Sadržaj suve materije (DM):

$$DM = \frac{m_d}{m_i} \cdot 100\% \quad [3.1]$$

Gubitak vlage (WL):

$$WL = \frac{m_i z_i - m_f z_f}{m_i} \left[ \frac{g}{g_{p.u.}} \right] \quad [3.2]$$

Prirast suve materije (SG):

$$SG = \frac{m_f s_f - m_i s_i}{m_i} \left[ \frac{g}{g_{p.u.}} \right] \quad [3.3]$$

gde su:

$m_d$  - masa suve materije [g];

$m_i$  - masa svežeg uzorka [g početnog uzorka (p.u.)];

$m_f$  - masa uzorka nakon procesa osmotske dehidracije [g];

$z_i$  - maseni udeo vode u svežem uzorku  $\left[ \frac{g}{g_{p.u.}} \right]$ ;

$z_f$  - maseni udeo vode u uzorku nakon procesa osmotske dehidracije  $\left[ \frac{g}{g_{p.u.}} \right]$ ;

$s_i$  - maseni udeo suve materije u svežem uzorku  $\left[ \frac{g}{g_{p.u.}} \right]$ ;

$s_f$  - maseni udeo suve materije u uzorku nakon procesa osmotske dehidracije  $\left[ \frac{g}{g_{p.u.}} \right]$ .

### 3.4. Proračuni za metodu odzivne površine

Izbor odgovarajućeg eksperimentalnog plana je ključni korak u primeni metode odzivne površine (Response Surface Methodology-RSM). Za potrebe ovog istraživanja usvojen je potpuni faktorijski eksperimentalni plan po Box & Behnken-u, sa tri faktora na četiri nivoa, gde

su nezavisno promenljive veličine bile temperature procesa ( $X_1$ ), vreme trajanja procesa ( $X_2$ ) i koncentracija osmotskog rastvora ( $X_3$ ). Ove vrednosti su kodirane i prikazane u tabeli 3.2. za sva tri osmotska rastvora.

**Tabela 3.2.** Kodirane vrednosti tehnoloških parametara

	Tehnološki parametri	Kodirane vrednosti			
		1	2	3	4
$X_1$	Temperatura (°C)	10	20	35	50
$X_2$	Vreme (h)	1	3	5	-
$X_3$	OR <sub>1</sub> (%)	45	52,5	60	-
	OR <sub>2</sub> (%)	52,5	61,25	70	-
	OR <sub>3</sub> (%)	60	70	80	-

Vrednosti tehnoloških parametara, odnosno nezavisno promenljivih veličina,  $X_1$ ,  $X_2$  i  $X_3$ , izabrane su na osnovu prethodnih istraživanja (*Mišljenović, 2012; Filipović, 2013; Koprivica, 2013; Cvetković, 2014*). Zavisno promenljive veličine, odnosno odzivi sistema su: WL ( $Y_1$ ), SG ( $Y_2$ ),  $a_w$  ( $Y_3$ ), DMC ( $Y_4$ ), Na ( $Y_5$ ), K ( $Y_6$ ), Ca ( $Y_7$ ) i Mg ( $Y_8$ ). U tabeli 3.3. prikazan je potpuni faktorijalni eksperimentalni plan sa 36 prolaza.

**Tabela 3.3** Potpuni faktorijalni eksperimentalni plan RSM metode za tri različita rastvora

Red. br.	Kodirane vrednosti			Red. br.	Kodirane vrednosti		
	T ( $X_1$ )	t ( $X_2$ )	c ( $X_3$ )		T ( $X_1$ )	t ( $X_2$ )	c ( $X_3$ )
1.	1	1	1	18.	2	3	3
2.	1	1	2	19.	3	1	1
3.	1	1	3	20.	3	1	2
4.	1	2	1	21.	3	1	3
5.	1	2	2	22.	3	2	1
6.	1	2	3	23.	3	2	2
7.	1	3	1	24.	3	2	3
8.	1	3	2	25.	3	3	1
9.	1	3	3	26.	3	3	2
10.	2	1	1	27.	3	3	3
11.	2	1	2	28.	4	1	1
12.	2	1	3	29.	4	1	2
13.	2	2	1	30.	4	1	3
14.	2	2	2	31.	4	2	1
15.	2	2	3	32.	4	2	2
16.	2	3	1	33.	4	2	3
17.	2	3	2	34.	4	3	1
18.	2	3	3	35.	4	3	2
19.	3	1	1	36.	4	3	3

Na osnovu eksperimentalnih rezultata za osmotski tretman mesa srebrnog karaša, formiran je model zavisnosti odziva sistema od ispitivanih nezavisno promenljivih veličina:

$$Y_k = f_k(\text{temperatura, vreme, koncentracija}) \quad [3.4]$$

Polinom drugog stepena je upotrebljen za fitovanje eksperimentalnih podataka. Dobijene su 8 odzivnih funkcija (za WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg) u zavisnosti od 3 ispitana faktora (X):

$$Y_k = \beta_{k0} + \sum_{i=1}^3 \beta_{ki} X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{kii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{kij} X_i X_j, k=1-4 \quad [3.5]$$

gde su:  $\beta_{kij}$  regresioni koeficijenti, Y predstavlja WL ( $Y_1$ ), SG ( $Y_2$ ),  $a_w$  ( $Y_3$ ), DM ( $Y_4$ ), Na ( $Y_5$ ), K ( $Y_6$ ), Ca ( $Y_7$ ) i Mg ( $Y_8$ ), a X označava temperaturu ( $X_1$ ), vreme ( $X_2$ ) i koncentraciju osmotskog rastvora ( $X_3$ ).

Značajnost uticaja pojedinačnih faktora kao i njihovih interakcija, za svaki od odziva, utvrđena je analizom varijanse (ANOVA) i primenom post-hoc Tukey-evog HSD testa. Za sve hemometrijske proračune upotrebljen je softverski paket StatSoft Statistica ver.10.0. Rezultati su prikazani kao srednje vrednosti tri merenja  $\pm$  standardna devijacija (SD).

### 3.5. Metode istraživanja

#### 3.5.1. Hemometrijske metode

Pri analizi rezultata osmotske dehidracije mesa ribe primenjene su sledeće hemometrijske metode: metoda odzivne površine, RSM-Response Surface Methodology (*Montgomery, 2005*), analiza glavnih komponenata, PCA- Principal Component Analysis (*Koprivica, 2013*), veštačke neuronske mreže, ANN- Artificial Neural Network (*Taylor, 2006*), analiza osetljivosti, Sensitivity analysis (*Pezo i sar., 2013*) i fazi optimizacija, Fuzzy synthetic evaluation (*Vučetić, 2013*).

#### 3.5.2. Metode određivanja $a_w$ vrednosti

Vrednosti aktivnosti vode svežih i osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe određivane su pomoću uređaja TESTO 650 (Nemačka) sa tačnošću od  $\pm 0,001$  na temperaturi od 25°C.

### 3.5.3. Metode mikrobioloških analiza

Osnovni mikrobiološki profil mesa ribe i osmotskih rastvora određen je pre i nakon osmotskog tretmana, kako bi se ispitala higijenska i mikrobiološka bezbednost samog procesa dehidracije i dobijenog poluproizvoda.

Ukupan broj bakterija u mesu ribe određen je na osnovu standarda *SRPS EN ISO 4833: 2008* - Mikrobiologija hrane i hrane za životinje. Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama - Tehnika brojanja kolonija na 30°C.

Prisutan broj bakterije *Escherichia coli* utvrđen je na osnovu standarda *SRPS ISO 16649-2: 2008* - Mikrobiologija hrane i hrane za životinje. Horizontalna metoda za određivanje broja  $\beta$ -glukuronidaza pozitivne *Escherichia coli* - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija na 44°C pomoću 5-bromo-4-hloro-3-indolil  $\beta$ -D-glukuronida.

Broj sulfitoredujućih klostidija određen je na osnovu standarda *ISO 15213: 2003* Mikrobiologija hrane i hrane za životinje. Horizontalna metoda za određivanje broja sulfitoredujućih klostridija zasejanih pod anaerobnim.

Određivanje prisutnog broja koagulaza pozitivnih stafilocoka izvedeno je na osnovu standarda *SRPS EN ISO 6888-1: 2008* - Mikrobiologija hrane i hrane za životinje. Horizontalna metoda za određivanje broja koagulaza pozitivnih stafilocoka (*Staphylococcus aureus* i druge vrste) - Deo 1: Tehnika upotrebom agara po Berd Parkeru.

### 3.5.4. Metode analiza hemijskog sastava

Sva analitička merenja izvođena su u skladu sa AOAC metodama (2000) (*Ničetin i sar., 2012*).

Osnovni hemijski sastav mesa ribe pre i nakon procesa osmotske dehidracije određen je na osnovu:

- Sadržaja vode (suve materije) određenog na osnovu standarda *SRPS ISO 1442:1998*, Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja vlage (Referentni metodi);
- Sadržaja proteina određenog na osnovu standarda *SRPS ISO 1871:1992*, Poljoprivredno-prehrambeni proizvodi - Opšta uputstva za određivanje azota metodom po Kjeldalu;
- Sadržaja fosfora određenog na osnovu standarda *SRPS ISO 13730:1999*, Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja ukupnog fosfora - Spektrometrijski metodi;
- Sadržaja ukupnog pepela određenog na osnovu standarda *SRPS ISO 936:1999*, Meso i

- proizvodi od mesa - Određivanje ukupnog pepela;
- Sadržaja slobodne masti određenog na osnovu standarda *SRPS ISO 1443:1992*, Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja ukupne masti;
  - Sadržaja natrijum hlorida određenog na osnovu standarda *SRPS ISO 1841-1:1999*, Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja hlorida - Deo 1: Metodi po Volhardu;
  - Sadržaja saharoze određenog na osnovu standarda *ISO 11292:1995*, Determination of free and total carbohydrate contents - Method using high-performance anion-exchange chromatography;
  - Sadržaja kalijuma, natrijuma, magnezijuma i kalcijuma određenog na osnovu standarda *SRPS EN 1134:2005*, Sokovi od voća i povrća - Određivanje sadržaja natrijuma, kalijuma, kalcijuma i magnezijuma atomskom apsorpcionom spektrometrijom (AAS);
  - Sadržaja žive određenog na osnovu metode *FINSLab-5.4-3M-005* - Određivanje ukupnog sadržaja žive u hrani i hrani za životinje EPA Method 7473;
  - Sadržaja kadmijuma i olova, određenog na osnovu standarda *BS EN 15763:2009*, Foodstuffs. Determination of trace elements. Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in foodstuffs by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) after pressure digestion.

### 3.5.5. Metode deskriptivne senzorske analize

Deskriptivna senzorska ocena osmotski dehidriranog mesa ribe određena je prema Standardu *SRPS ISO 11035:2002*, Senzorske analize - Identifikacija i odabir deskriptora za utvrđivanje senzorskog profila multidimenzionalnim postupkom.

Sveže i osmotski dehidrirano meso ribe ocenjivao je panel od šest članova. Ocenjivači su prošli obuku i bili su upoznati sa specifičnim senzorskim osobinama dehidriranog mesa ribe, a za smernice izbora, obuke i praćenja ocenjivača primenjen je *SRPS ISO 8586-1:2002*, Senzorske analize - Opšte uputstvo za odabir, obuku i praćenje ocenjivača - Deo 1: Odabrani ocenjivači.

Ocena je sprovedena u laboratoriji sa kabinama opremljenoj prema *SRPS EN ISO 8589:2012*, Senzorske analize - Opšte uputstvo za projektovanje prostorija za ispitivanje, dobro provetреноj i pri kontrolisanoj temperaturi od 22°C.

Panelisti su identifikovali deskriptore, prikazane u tabeli 3.4. i formirali opisne profile, tokom treninga procene senzornih svojstava dehidriranog mesa ribe u sva tri osmotska rastvora.

Zatim, odabrane deskriptore za boju, aromatičnost i ukus ocenili su primenom 5-tačaka inteziteta na skali, gde je: 0-nije opažen i 5- jak u odnosu na odabrano svojstvo.

Svaki panelist dobio je 10 g komadića dehidriranog mesa ribe u dve serije, šifrovanih nasumice odabranim trocifrenim brojevima. Kako bi uklonili zaostali ukus između dva ocenjivanja, panelisti su koristili vodu i jabuke.

**Tabela 3.4.** Definicije deskriptora deskriptivne senzorske analize

<b>Dekriptor</b>	<b>Definicija</b>
<b>Boja D1</b>	
1. Belosivkasta	Tipična boja za meso sveže ribe ( <i>Carassius gibelio</i> )
2. Smeđe crvena	Površina mesa je intezivno smeđa sa zatvorenim tonom crvene boje
<b>Aroma D2</b>	
1. Sveže meso ribe	Specifična aroma sveže ribe
2. Dim	Opažanje bilo koje vrste dima
3. Melasa	Aroma specifična za melasu: oštra, delimično na sumpor i/ili karamelizovana aroma
4. Karamela	Slatka aroma, karakteristična za karamelizovan šećer ili neke druge ugljenohidrate
<b>Ukus D3</b>	
1. Sveže meso ribe	Karakterističan ukus svežeg mesa ribe
2. Slatko	Nivo ukusa na slatko
3. Slano	Nivo ukusa na slano
<b>Zaostali ukus D4</b>	
D41 Gorak	Ukus na jeziku koji se dovodi u vezu sa kofeinom
D42 Opor	Opor ukus na jeziku



## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Hemometrijska analiza uticaja tehnoloških parametara na proces osmotske dehidracije srebrnog karaša (*Carassius gibelio*)

Rezultati osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša analizirani su primenom sledećih hemometrijskih metoda: metoda odzivne površine, analiza glavnih komponenata, veštačke neuronske mreže, analiza osetljivosti i fazi optimizacija.

Odzivni parametri procesa bili su: gubitak vlage (WL), priraštaj suve materije (SG), aktivnost vode ( $a_w$ ), sadržaj suve materije (DM), kao i sadržaji minerala: natrujuma (Na), kalijuma (K), kalcijuma (Ca) i magnezijuma (Mg).

#### 4.1.1. Matematičko modelovanje odziva osmotske dehidracije karaša RSM metodom

U tabelama 4.1., 4.4. i 4.7. prikazane su srednje vrednosti šest ponavljanja posmatranih odziva: WL, SG,  $a_w$  i DM sa standardnim devijacijama, za uzorke mesa srebrnog karaša dehidrirane u tri različita osmotska rastvora OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, tokom 1, 3 i 5 časova (t) trajanja procesa osmotske dehidracije, na četiri različite radne temperature (T) i tri različite koncentracije osmotskih rastvora (c).

**Tabela 4.1.** Vrednosti odziva osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u rastvoru OR<sub>1</sub>

OR <sub>1</sub>							
t	T	c	dF	WL	SG	$a_w$	DM
0	/	/	/	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,944±0,007 <sup>l</sup>	23,975±1,965 <sup>a</sup>
1	1	1	3	0,290±0,005 <sup>gh</sup>	0,057±0,001 <sup>e</sup>	0,924±0,015 <sup>hijkl</sup>	31,998±0,445 <sup>bc</sup>
1	1	2	3	0,429±0,004 <sup>q</sup>	0,078±0,001 <sup>jk</sup>	0,890±0,010 <sup>bcdefgh</sup>	42,759±0,244 <sup>fghi</sup>
1	1	3	3	0,449±0,003 <sup>u</sup>	0,094±0,002 <sup>p</sup>	0,870±0,007 <sup>abcd</sup>	47,618±0,835 <sup>klm</sup>
1	2	1	3	0,242±0,004 <sup>d</sup>	0,050±0,001 <sup>d</sup>	0,934±0,027 <sup>klm</sup>	30,814±0,639 <sup>b</sup>
1	2	2	3	0,377±0,006 <sup>no</sup>	0,072±0,001 <sup>hi</sup>	0,909±0,014 <sup>efghijk</sup>	40,830±1,255 <sup>efghi</sup>
1	2	3	3	0,425±0,006 <sup>q</sup>	0,089±0,001 <sup>o</sup>	0,898±0,009 <sup>defghij</sup>	44,944±0,427 <sup>ijkl</sup>
1	3	1	3	0,185±0,003 <sup>no</sup>	0,039±0,001 <sup>b</sup>	0,948±0,026 <sup>lm</sup>	30,694±0,316 <sup>b</sup>
1	3	2	3	0,316±0,007 <sup>ij</sup>	0,062±0,001 <sup>ef</sup>	0,932±0,014 <sup>ijklm</sup>	39,965±0,788 <sup>defgh</sup>

t	T	c	dF	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
1	3	3	3	0,360±0,006 <sup>l</sup>	0,080±0,002 <sup>kl</sup>	0,931±0,018 <sup>ijklm</sup>	43,334±1,105 <sup>ghij</sup>
2	1	1	3	0,284±0,001 <sup>g</sup>	0,061±0,005 <sup>e</sup>	0,912±0,003 <sup>ghijk</sup>	36,181±0,973 <sup>cd</sup>
2	1	2	3	0,442±0,004 <sup>rs</sup>	0,082±0,003 <sup>klm</sup>	0,895±0,003 <sup>cdefghi</sup>	48,922±4,359 <sup>lmn</sup>
2	1	3	3	0,474±0,004 <sup>tu</sup>	0,099±0,008 <sup>p</sup>	0,848±0,036 <sup>a</sup>	52,680±2,256 <sup>nop</sup>
2	2	1	3	0,272±0,001 <sup>f</sup>	0,066±0,000 <sup>gf</sup>	0,921±0,006 <sup>ghijklm</sup>	37,028±0,288 <sup>de</sup>
2	2	2	3	0,376±0,004 <sup>mno</sup>	0,085±0,001 <sup>lmno</sup>	0,901±0,006 <sup>defghijk</sup>	44,188±0,182 <sup>hijk</sup>
2	2	3	3	0,433±0,003 <sup>qr</sup>	0,107±0,001 <sup>q</sup>	0,886±0,005 <sup>bcdef</sup>	50,193±0,479 <sup>mn</sup>
2	3	1	3	0,220±0,001 <sup>c</sup>	0,044±0,000 <sup>c</sup>	0,929±0,003 <sup>ijklm</sup>	36,141±0,288 <sup>cd</sup>
2	3	2	3	0,324±0,002 <sup>j</sup>	0,068±0,001 <sup>gh</sup>	0,926±0,013 <sup>ijklm</sup>	43,242±0,575 <sup>ghij</sup>
2	3	3	3	0,367±0,002 <sup>lmn</sup>	0,087±0,001 <sup>mno</sup>	0,915±0,006 <sup>ghijklm</sup>	47,434±0,386 <sup>ijklm</sup>
3	1	1	3	0,299±0,004 <sup>h</sup>	0,074±0,000 <sup>ij</sup>	0,914±0,001 <sup>ghijklm</sup>	44,261±0,384 <sup>ijk</sup>
3	1	2	3	0,449±0,002 <sup>s</sup>	0,098±0,000 <sup>p</sup>	0,858±0,003 <sup>ab</sup>	55,306±0,158 <sup>pq</sup>
3	1	3	3	0,492±0,002 <sup>vw</sup>	0,117±0,000 <sup>s</sup>	0,846±0,008 <sup>a</sup>	60,451±0,578 <sup>rs</sup>
3	2	1	3	0,292±0,002 <sup>gh</sup>	0,068±0,000 <sup>gh</sup>	0,918±0,007 <sup>ghijklm</sup>	39,749±0,376 <sup>defg</sup>
3	2	2	3	0,425±0,005 <sup>q</sup>	0,086±0,001 <sup>mno</sup>	0,887±0,004 <sup>bcdefg</sup>	50,351±0,283 <sup>mno</sup>
3	2	3	3	0,467±0,006 <sup>t</sup>	0,107±0,001 <sup>q</sup>	0,871±0,005 <sup>abcd</sup>	54,505±0,321 <sup>opq</sup>
3	3	1	3	0,256±0,001 <sup>e</sup>	0,067±0,001 <sup>fgh</sup>	0,926±0,003 <sup>ijklm</sup>	38,474±0,287 <sup>de</sup>
3	3	2	3	0,366±0,003 <sup>lm</sup>	0,094±0,001 <sup>p</sup>	0,904±0,005 <sup>defghijk</sup>	47,943±0,152 <sup>klm</sup>
3	3	3	3	0,403±0,003 <sup>p</sup>	0,113±0,001 <sup>rs</sup>	0,895±0,003 <sup>cdefghi</sup>	50,210±0,402 <sup>mn</sup>
4	1	1	3	0,384±0,002 <sup>o</sup>	0,087±0,001 <sup>no</sup>	0,911±0,011 <sup>ghijk</sup>	47,840±0,292 <sup>klm</sup>
4	1	2	3	0,482±0,003 <sup>uv</sup>	0,111±0,001 <sup>qr</sup>	0,862±0,007 <sup>abc</sup>	57,838±0,164 <sup>qrs</sup>
4	1	3	3	0,501±0,003 <sup>w</sup>	0,130±0,001 <sup>t</sup>	0,847±0,004 <sup>a</sup>	61,020±0,449 <sup>s</sup>
4	2	1	3	0,339±0,001 <sup>k</sup>	0,083±0,001 <sup>klmn</sup>	0,904±0,009 <sup>defghijk</sup>	44,543±0,362 <sup>ijk</sup>
4	2	2	3	0,450±0,003 <sup>s</sup>	0,110±0,001 <sup>qr</sup>	0,874±0,008 <sup>abcde</sup>	53,063±0,312 <sup>nop</sup>
4	2	3	3	0,472±0,005 <sup>tu</sup>	0,129±0,001 <sup>t</sup>	0,861±0,007 <sup>abc</sup>	56,703±0,306 <sup>pqr</sup>
4	3	1	3	0,312±0,001 <sup>i</sup>	0,080±0,001 <sup>kl</sup>	0,928±0,009 <sup>ijklm</sup>	39,003±0,160 <sup>def</sup>
4	3	2	3	0,446±0,004 <sup>s</sup>	0,111±0,001 <sup>qr</sup>	0,889±0,002 <sup>bcdefg</sup>	50,369±0,259 <sup>mno</sup>
4	3	3	3	0,470±0,004 <sup>t</sup>	0,127±0,000 <sup>t</sup>	0,887±0,010 <sup>bcdefg</sup>	52,907±0,355 <sup>nop</sup>

**Tabela 4.2.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva WL, SG,  $a_w$  i DM za uzorke mesa srebrnog karaša tokom osmotske dehidracije u rastvoru OR<sub>1</sub>

	dF	WL	SG	$a_w$	DM
t	1	0,112*	$8,31 \cdot 10^{-3*}$	0,009*	838,934*
t <sup>2</sup>	1	0,011*	$3,59 \cdot 10^{-5}$	0,000	52,254*
T	1	0,024*	$4,06 \cdot 10^{-3*}$	0,002*	251,469*
T <sup>2</sup>	1	0,000	$4,19 \cdot 10^{-6}$	0,000	9,970*
c	1	0,023*	$2,54 \cdot 10^{-4*}$	0,005*	191,928*
c <sup>2</sup>	1	0,000	$2,10 \cdot 10^{-5}$	0,000	1,697
t × T	1	0,001**	$1,47 \cdot 10^{-5}$	0,000	0,245
t × c	1	0,000	$1,42 \cdot 10^{-5}$	0,001*	6,656*
T × c	1	0,002*	$8,66 \cdot 10^{-5}$	0,000	15,082*
Error	26	0,003	$4,59 \cdot 10^{-4}$	0,001	21,044
r <sup>2</sup>		0,981	0,965	0,946	0,985

**Tabela 4.3.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa srebrnog karaša u rastvoru OR<sub>1</sub>

	WL	SG	$a_w$	DM
$\beta_0$	/	/	1,16±0,16	46,86±23,05
$\beta_1$	0,10±0,02	$(1,69±0,64) \cdot 10^{-2}$	/	5,40±1,37
$\beta_{11}$	-0,01±0,00	/	$(1,80±0,78) \cdot 10^{-3}$	-0,74±0,11
$\beta_2$	0,01±0,00	$(1,88±0,98) \cdot 10^{-3}$	/	/
$\beta_{22}$	/	/	/	-0,01±0,00
$\beta_3$	/	/	/	/
$\beta_{33}$	/	/	/	/
$\beta_{12}$	0,00±0,00	/	/	/
$\beta_{13}$	/	/	$(-6,07±1,47) \cdot 10^{-4}$	0,05±0,02
$\beta_{23}$	0,00±0,00	$(-2,39±1,33) \cdot 10^{-5}$	/	0,01±0,00

**Tabela 4.4.** Vrednosti odziva osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>

				OR <sub>2</sub>			
t	T	c	dF	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
0	/	/	/	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,944±0,007 <sup>k</sup>	23,975±1,965 <sup>a</sup>
1	1	1	3	0,236±0,004 <sup>c</sup>	0,058±0,001 <sup>b</sup>	0,913±0,015 <sup>efghij</sup>	33,515±0,403 <sup>b</sup>
1	1	2	3	0,382±0,009 <sup>ij</sup>	0,081±0,000 <sup>ef</sup>	0,891±0,013 <sup>cdefghij</sup>	44,374±0,430 <sup>def</sup>
1	1	3	3	0,481±0,005 <sup>l</sup>	0,103±0,002 <sup>ijk</sup>	0,882±0,012 <sup>hij</sup>	48,925±0,679 <sup>fgh</sup>
1	2	1	3	0,202±0,004 <sup>c</sup>	0,056±0,001 <sup>b</sup>	0,931±0,026 <sup>efghij</sup>	33,561±0,689 <sup>b</sup>
1	2	2	3	0,346±0,006 <sup>ij</sup>	0,080±0,002 <sup>ef</sup>	0,915±0,021 <sup>cdefghij</sup>	43,643±0,976 <sup>def</sup>
1	2	3	3	0,410±0,004 <sup>l</sup>	0,101±0,002 <sup>ijk</sup>	0,910±0,003 <sup>hij</sup>	47,416±0,485 <sup>fgh</sup>
1	3	1	3	0,164±0,005 <sup>c</sup>	0,054±0,001 <sup>b</sup>	0,957±0,014 <sup>efghij</sup>	33,737±0,375 <sup>b</sup>
1	3	2	3	0,304±0,006 <sup>ij</sup>	0,077±0,001 <sup>ef</sup>	0,946±0,019 <sup>cdefghij</sup>	43,041±1,225 <sup>def</sup>
1	3	3	3	0,365±0,001 <sup>l</sup>	0,098±0,001 <sup>ijk</sup>	0,946±0,015 <sup>hij</sup>	46,036±0,539 <sup>fgh</sup>
2	1	1	3	0,291±0,004 <sup>de</sup>	0,057±0,011 <sup>b</sup>	0,899±0,019 <sup>defghij</sup>	37,432±0,251 <sup>bc</sup>
2	1	2	3	0,451±0,002 <sup>n</sup>	0,089±0,004 <sup>g</sup>	0,870±0,016 <sup>abcdefg</sup>	48,990±1,075 <sup>ghi</sup>
2	1	3	3	0,515±0,004 <sup>rs</sup>	0,108±0,007 <sup>kl</sup>	0,850±0,023 <sup>ab</sup>	55,926±5,542 <sup>ijklm</sup>
2	2	1	3	0,279±0,003 <sup>cd</sup>	0,068±0,001 <sup>c</sup>	0,906±0,006 <sup>hij</sup>	37,176±0,026 <sup>bc</sup>
2	2	2	3	0,396±0,003 <sup>jk</sup>	0,094±0,000 <sup>gh</sup>	0,885±0,012 <sup>bcdefghi</sup>	50,113±0,514 <sup>ghi</sup>
2	2	3	3	0,460±0,003 <sup>no</sup>	0,115±0,001 <sup>mno</sup>	0,866±0,010 <sup>abcde</sup>	50,352±0,355 <sup>ghi</sup>
2	3	1	3	0,241±0,001 <sup>b</sup>	0,056±0,000 <sup>b</sup>	0,923±0,015 <sup>jk</sup>	35,971±0,573 <sup>b</sup>
2	3	2	3	0,383±0,003 <sup>i</sup>	0,081±0,001 <sup>de</sup>	0,909±0,015 <sup>hij</sup>	46,197±0,586 <sup>efg</sup>
2	3	3	3	0,427±0,005 <sup>m</sup>	0,103±0,001 <sup>jk</sup>	0,904±0,010 <sup>fghij</sup>	51,042±0,393 <sup>hi</sup>
3	1	1	3	0,318±0,002 <sup>f</sup>	0,079±0,000 <sup>de</sup>	0,895±0,009 <sup>defghij</sup>	42,566±0,135 <sup>de</sup>
3	1	2	3	0,472±0,003 <sup>op</sup>	0,099±0,001 <sup>hij</sup>	0,862±0,004 <sup>abcd</sup>	56,656±0,304 <sup>klm</sup>
3	1	3	3	0,524±0,001 <sup>s</sup>	0,121±0,001 <sup>op</sup>	0,842±0,007 <sup>a</sup>	62,577±0,611 <sup>op</sup>
3	2	1	3	0,340±0,003 <sup>g</sup>	0,074±0,001 <sup>cd</sup>	0,905±0,008 <sup>ghij</sup>	40,725±0,232 <sup>cd</sup>
3	2	2	3	0,477±0,002 <sup>pq</sup>	0,09±0,001 <sup>ghi</sup>	0,879±0,007 <sup>abcdefgh</sup>	52,609±0,447 <sup>ijk</sup>
3	2	3	3	0,516±0,008 <sup>rs</sup>	0,119±0,001 <sup>nop</sup>	0,865±0,009 <sup>abcde</sup>	58,049±0,566 <sup>mn</sup>
3	3	1	3	0,297±0,001 <sup>e</sup>	0,078±0,000 <sup>de</sup>	0,917±0,005 <sup>ijk</sup>	41,377±0,634 <sup>cd</sup>

t	T	c	dF	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
3	3	2	3	0,407±0,006 <sup>kl</sup>	0,097±0,001 <sup>hij</sup>	0,896±0,008 <sup>defghij</sup>	48,988±0,268 <sup>ghi</sup>
3	3	3	3	0,451±0,003 <sup>n</sup>	0,118±0,001 <sup>mnop</sup>	0,891±0,012 <sup>cdefghij</sup>	53,278±0,579 <sup>ijkl</sup>
4	1	1	3	0,412±0,003 <sup>l</sup>	0,094±0,001 <sup>ghi</sup>	0,896±0,009 <sup>defghij</sup>	49,439±0,457 <sup>ghi</sup>
4	1	2	3	0,518±0,005 <sup>rs</sup>	0,124±0,000 <sup>p</sup>	0,863±0,012 <sup>abcd</sup>	61,438±0,374 <sup>nop</sup>
4	1	3	3	0,550±0,004 <sup>t</sup>	0,146±0,002 <sup>r</sup>	0,843±0,007 <sup>a</sup>	65,543±0,807 <sup>p</sup>
4	2	1	3	0,379±0,002 <sup>i</sup>	0,088±0,001 <sup>fg</sup>	0,899±0,006 <sup>defghij</sup>	46,739±0,319 <sup>efgh</sup>
4	2	2	3	0,485±0,002 <sup>q</sup>	0,113±0,001 <sup>lmn</sup>	0,867±0,010 <sup>abcdef</sup>	57,622±0,737 <sup>lmn</sup>
4	2	3	3	0,508±0,004 <sup>r</sup>	0,134±0,000 <sup>q</sup>	0,855±0,004 <sup>abc</sup>	61,754±0,283 <sup>nop</sup>
4	3	1	3	0,355±0,003 <sup>h</sup>	0,090±0,001 <sup>g</sup>	0,918±0,014 <sup>ijk</sup>	42,857±0,374 <sup>de</sup>
4	3	2	3	0,469±0,004 <sup>op</sup>	0,111±0,001 <sup>lm</sup>	0,893±0,004 <sup>defghij</sup>	51,979±0,474 <sup>ij</sup>
4	3	3	3	0,540±0,002 <sup>t</sup>	0,140±0,001 <sup>qr</sup>	0,879±0,010 <sup>abcdefgh</sup>	59,605±0,505 <sup>mno</sup>

**Tabela 4.5.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva WL, SG, a<sub>w</sub> i DM za uzorke mesa srebrnog karaša tokom osmotske dehidracije u rastvoru OR<sub>2</sub>

	dF	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
t	1	0,051 <sup>*</sup>	3,75 · 10 <sup>-3*</sup>	0,002 <sup>*</sup>	361,311 <sup>*</sup>
t <sup>2</sup>	1	0,009 <sup>*</sup>	5,53 · 10 <sup>-6</sup>	0,001 <sup>*</sup>	59,695 <sup>*</sup>
T	1	0,018 <sup>*</sup>	1,50 · 10 <sup>-3</sup>	0,001 <sup>*</sup>	92,505 <sup>*</sup>
T <sup>2</sup>	1	0,000	4,89 · 10 <sup>-5</sup>	0,000	0,224
c	1	0,002 <sup>*</sup>	1,94 · 10 <sup>-5</sup>	0,002 <sup>*</sup>	9,082 <sup>*</sup>
c <sup>2</sup>	1	0,000	2,75 · 10 <sup>-6</sup>	0,001 <sup>*</sup>	0,047
t × T	1	0,002 <sup>*</sup>	1,01 · 10 <sup>-6</sup>	0,001 <sup>*</sup>	0,106
t × c	1	0,000	4,23 · 10 <sup>-6</sup>	0,001 <sup>*</sup>	9,880 <sup>*</sup>
T × c	1	0,001	4,02 · 10 <sup>-6</sup>	0,001 <sup>*</sup>	13,740 <sup>*</sup>
Error	26	0,005	3,97E-04	0,000	30,639
r <sup>2</sup>		0,973	0,973	0,990	0,983

**Tabela 4.6.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji srebrnog karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>

	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
β <sub>0</sub>	/	/	1,29±0,06	/
β <sub>1</sub>	0,10±0,02	0,01±0,01	/	5,44±1,66
β <sub>11</sub>	-0,01±0,00	/	(1,47±0,29)·10 <sup>-3</sup>	-0,79±0,14
β <sub>2</sub>	0,01±0,00	/	(-1,59±0,54)·10 <sup>-3</sup>	/
β <sub>22</sub>	/	0,00±0,00	/	/
β <sub>3</sub>	/	/	(-1,01±0,19)·10 <sup>-2</sup>	/
β <sub>33</sub>	/	/	(6,93±1,53)·10 <sup>-5</sup>	/
β <sub>12</sub>	0,00±0,00	/	(-7,30±2,76)·10 <sup>-5</sup>	/
β <sub>13</sub>	/	/	(-3,38±0,47)·10 <sup>-5</sup>	0,05±0,02
β <sub>23</sub>	/	/	(1,80±0,63)·10 <sup>-5</sup>	0,01±0,00

**Tabela 4.7.** Vrednosti odziva osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u rastvoru OR<sub>3</sub>

OR <sub>3</sub>							
t	T	c	dF	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
0	/	/	/	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,000±0,000 <sup>a</sup>	0,944±0,007 <sup>m</sup>	23,975±1,965 <sup>a</sup>
1	1	1	3	0,259±0,004 <sup>b</sup>	0,058±0,001 <sup>c</sup>	0,913±0,011 <sup>ijkl</sup>	33,515±0,329 <sup>b</sup>
1	1	2	3	0,406±0,001 <sup>ef</sup>	0,081±0,001 <sup>h</sup>	0,891±0,008 <sup>bcdefgh</sup>	44,374±0,415 <sup>fghi</sup>
1	1	3	3	0,486±0,006 <sup>j</sup>	0,103±0,002 <sup>no</sup>	0,882±0,010 <sup>abc</sup>	48,926±1,115 <sup>lnm</sup>
1	2	1	3	0,294±0,004 <sup>c</sup>	0,056±0,001 <sup>cd</sup>	0,931±0,008 <sup>ijkl</sup>	33,561±0,453 <sup>b</sup>
1	2	2	3	0,437±0,006 <sup>i</sup>	0,080±0,001 <sup>h</sup>	0,915±0,017 <sup>bcdefghij</sup>	43,643±0,493 <sup>efgh</sup>
1	2	3	3	0,492±0,003 <sup>m</sup>	0,101±0,001 <sup>o</sup>	0,910±0,010 <sup>abcde</sup>	47,416±0,528 <sup>ijklm</sup>
1	3	1	3	0,326±0,004 <sup>d</sup>	0,054±0,001 <sup>cd</sup>	0,957±0,017 <sup>kl</sup>	33,737±0,380 <sup>b</sup>
1	3	2	3	0,462±0,006 <sup>kl</sup>	0,077±0,001 <sup>h</sup>	0,946±0,024 <sup>ghijkl</sup>	43,041±0,734 <sup>ef</sup>

t	T	c	dF	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM
1	3	3	3	0,512±0,007 <sup>q</sup>	0,098±0,001 <sup>mno</sup>	0,946±0,013 <sup>efghijk</sup>	46,036±0,561 <sup>ghijk</sup>
2	1	1	3	0,312±0,003 <sup>fg</sup>	0,061±0,004 <sup>d</sup>	0,892±0,005 <sup>ghijkl</sup>	39,618±0,736 <sup>cd</sup>
2	1	2	3	0,458±0,002 <sup>pq</sup>	0,091±0,003 <sup>i</sup>	0,858±0,017 <sup>abcdef</sup>	50,738±0,773 <sup>ijklm</sup>
2	1	3	3	0,530±0,003 <sup>uvw</sup>	0,111±0,003 <sup>q</sup>	0,846±0,023 <sup>abcd</sup>	58,339±4,471 <sup>opqr</sup>
2	2	1	3	0,296±0,003 <sup>e</sup>	0,065±0,001 <sup>e</sup>	0,897±0,006 <sup>hijkl</sup>	38,519±0,459 <sup>cd</sup>
2	2	2	3	0,454±0,006 <sup>op</sup>	0,094±0,001 <sup>ij</sup>	0,876±0,003 <sup>cdefghij</sup>	51,348±0,301 <sup>klm</sup>
2	2	3	3	0,497±0,004 <sup>s</sup>	0,113±0,001 <sup>q</sup>	0,869±0,009 <sup>bcdefghi</sup>	53,505±0,439 <sup>lmn</sup>
2	3	1	3	0,268±0,003 <sup>d</sup>	0,050±0,000 <sup>b</sup>	0,916±0,015 <sup>l</sup>	36,982±0,345 <sup>bc</sup>
2	3	2	3	0,402±0,005 <sup>k</sup>	0,079±0,001 <sup>gh</sup>	0,899±0,012 <sup>ijkl</sup>	48,076±0,340 <sup>fghij</sup>
2	3	3	3	0,444±0,003 <sup>no</sup>	0,099±0,001 <sup>kl</sup>	0,894±0,008 <sup>ghijkl</sup>	52,956±0,310 <sup>klmn</sup>
3	1	1	3	0,320±0,003 <sup>g</sup>	0,079±0,001 <sup>gh</sup>	0,868±0,006 <sup>bcdefghi</sup>	44,732±0,334 <sup>efg</sup>
3	1	2	3	0,479±0,003 <sup>r</sup>	0,107±0,001 <sup>op</sup>	0,853±0,009 <sup>abcde</sup>	57,016±0,402 <sup>nopq</sup>
3	1	3	3	0,539±0,001 <sup>w</sup>	0,124±0,001 <sup>s</sup>	0,846±0,009 <sup>abcd</sup>	64,272±0,647 <sup>tu</sup>
3	2	1	3	0,341±0,000 <sup>h</sup>	0,072±0,001 <sup>f</sup>	0,902±0,007 <sup>ijkl</sup>	41,866±0,291 <sup>cd</sup>
3	2	2	3	0,493±0,005 <sup>s</sup>	0,101±0,000 <sup>lmn</sup>	0,875±0,012 <sup>cdefghij</sup>	54,867±0,299 <sup>mno</sup>
3	2	3	3	0,527±0,004 <sup>uv</sup>	0,118±0,001 <sup>r</sup>	0,846±0,006 <sup>abcd</sup>	58,435±0,530 <sup>opqr</sup>
3	3	1	3	0,313±0,003 <sup>fg</sup>	0,076±0,001 <sup>g</sup>	0,917±0,001 <sup>l</sup>	41,477±0,391 <sup>de</sup>
3	3	2	3	0,441±0,004 <sup>n</sup>	0,100±0,001 <sup>klm</sup>	0,897±0,010 <sup>hijkl</sup>	50,871±0,852 <sup>ijklm</sup>
3	3	3	3	0,489±0,002 <sup>lrs</sup>	0,118±0,002 <sup>r</sup>	0,891±0,006 <sup>ghijkl</sup>	56,086±0,610 <sup>op</sup>
4	1	1	3	0,415±0,005 <sup>l</sup>	0,097±0,000 <sup>jk</sup>	0,892±0,006 <sup>ghijkl</sup>	49,744±0,245 <sup>hijkl</sup>
4	1	2	3	0,520±0,003 <sup>tu</sup>	0,123±0,002 <sup>s</sup>	0,842±0,005 <sup>ab</sup>	61,511±0,497 <sup>rst</sup>
4	1	3	3	0,566±0,005 <sup>o</sup>	0,145±0,002 <sup>v</sup>	0,833±0,009 <sup>a</sup>	66,302±0,942 <sup>u</sup>
4	2	1	3	0,379±0,003 <sup>j</sup>	0,080±0,001 <sup>h</sup>	0,890±0,007 <sup>fghijkl</sup>	47,864±0,399 <sup>fghik</sup>
4	2	2	3	0,488±0,005 <sup>rs</sup>	0,109±0,001 <sup>pq</sup>	0,863±0,003 <sup>abcdefg</sup>	59,890±0,758 <sup>pqrs</sup>
4	2	3	3	0,514±0,004 <sup>t</sup>	0,131±0,001 <sup>t</sup>	0,857±0,002 <sup>abcde</sup>	62,657±0,767 <sup>stu</sup>
4	3	1	3	0,387±0,001 <sup>j</sup>	0,094±0,001 <sup>ij</sup>	0,894±0,006 <sup>ghijkl</sup>	45,223±0,176 <sup>efg</sup>
4	3	2	3	0,490±0,003 <sup>rs</sup>	0,121±0,001 <sup>rs</sup>	0,883±0,008 <sup>efghijk</sup>	54,656±0,384 <sup>mno</sup>
4	3	3	3	0,533±0,005 <sup>vw</sup>	0,138±0,001 <sup>u</sup>	0,877±0,012 <sup>defghij</sup>	60,612±0,354 <sup>qrst</sup>

**Tabela 4.8.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva WL, SG,  $a_w$  i DM za uzorke mesa srebrnog karaša tokom osmotske dehidracije u rastvoru OR<sub>3</sub>

	dF	WL	SG	$a_w$	DM
t	1	0,019*	$1,58 \cdot 10^{-3*}$	$2,114 \cdot 10^{-4**}$	152,510*
t <sup>2</sup>	1	0,011*	$1,17 \cdot 10^{-4**}$	$3,372 \cdot 10^{-4*}$	63,929*
T	1	0,008*	$1,13 \cdot 10^{-3*}$	$3,267 \cdot 10^{-4*}$	37,714*
T <sup>2</sup>	1	0,000	$3,75 \cdot 10^{-6}$	$3,156 \cdot 10^{-6}$	0,009
c	1	0,001*	$1,50 \cdot 10^{-5}$	$3,833 \cdot 10^{-4*}$	2,443
c <sup>2</sup>	1	0,000	$4,07 \cdot 10^{-5}$	$4,436 \cdot 10^{-5}$	0,032
t × T	1	0,002*	$5,91 \cdot 10^{-7}$	$1,494 \cdot 10^{-5}$	0,721
t × c	1	0,001	$5,59 \cdot 10^{-6}$	$3,163 \cdot 10^{-4*}$	6,520*
T × c	1	0,001	$4,57 \cdot 10^{-5}$	$5,231 \cdot 10^{-5}$	3,395
Error	26	0,004	$4,97 \cdot 10^{-4}$	$9,969 \cdot 10^{-4}$	17,681
r <sup>2</sup>		0,978	0,967	0,929	0,990

**Tabela 4.9.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri procesu dehidracije mesa srebrnog karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>

	WL	SG	$a_w$	DM
$\beta_0$	/	/	$1,1 \pm 0,16$	/
$\beta_1$	$0,10 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,01$	/	$6,69 \pm 1,26$
$\beta_{11}$	$-0,01 \pm 0,00$	$(-1,11 \pm 0,55) \cdot 10^{-3}$	$(1,87 \pm 0,78) \cdot 10^{-3}$	$-0,820,10$
$\beta_2$	$0,01 \pm 0,00$	$(1,71 \pm 1,02) \cdot 10^{-3}$	/	/
$\beta_{22}$	/	/	/	$0,00 \pm 0,00$
$\beta_3$	/	/	/	/
$\beta_{33}$	/	/	/	/
$\beta_{12}$	$0,00 \pm 0,00$	/	/	/
$\beta_{13}$	/	/	$(-2,57 \pm 1,11) \cdot 10^{-4}$	$0,04 \pm 0,01$
$\beta_{23}$	$0,00 \pm 0,00$	/	/	/



Različita slova (abce<sup>fghijklmnuvow</sup>) u eksponentu u istoj koloni tabele (4.1., 4.4. i 4.7.) ukazuju na statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa).

#### **4.1.1.1. Utvrđivanje matematičkih modela odziva procesa osmotske dehidracije RSM metodom**

Metoda odzivne površine primenjena je za određivanje matematičkih modela procesa osmotske dehidracije uzoraka ribe u tri različita osmotska rastvora: OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>.

U tabelama 4.2., 4.5. i 4.8 prikazani su rezultati analize varijanse (ANOVA) modela odzivnih površina koji su dobijeni na osnovu eksperimentalnih rezultata za proces osmotske dehidracije mesa ribe u sva tri osmotska rastvora. Oznaka \* u eksponentu u istoj koloni tabele ukazuje na statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$ , dok oznaka \*\* ukazuje na statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,10$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa).

Na osnovu ovih rezultata analizirani su statistički značajni efekti tehnoloških parametara, kao i njihovi uticaji na odzive matematičkog modela. Polinom drugog reda (SOP) u obliku jednačine [3.5] primenjen je za predviđanje funkcije [3.4] za sve posmatrane tehnološke parametre.

#### **4.1.1.2. Matematički modeli procesa osmotske dehidracije u rastvorima OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> za WL, SG, a<sub>w</sub> i DM**

Rezultati ANOVA testa posmatranih odziva procesa dehidracije mesa ribe u hipertoničnim rastvorima OR<sub>1</sub> (tabela 4.2), OR<sub>2</sub> (tabela 4.5) i OR<sub>3</sub> (tabela 4.8.) pokazuju da na vrednost WL statistički značajno utiču sva tri parametra: vreme, temperatura i koncentracija.

Najuticajniji parametar je vreme, potom temperatura, pa koncentracija. Samo kvadratni član SOP-a za t statistički značajno doprinosi formiranju modela procesa, a druga dva kvadratna člana tehnoloških parametara nisu statistički značajna. Sva tri linearna člana tehnoloških parametara statistički značajno doprinose modelu SOP-a za WL, a članovi proizvoda parametara statistički su značajni u slučaju  $T \times c$  i  $t \times T$  za model u OR<sub>1</sub>, dok za modele OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> statistički je značajan samo proizvod tehnoloških parametara  $t \times T$ . Ostatak varijanse koji nije statistički značajan, kao i visoka vrednost koeficijenta determinacije  $r^2$ , definisane kao odnos opisane

varijacije sa ukupnom varijansom sistema (Madamba, 2002), (0,981 za OR<sub>1</sub>, 0,973 za OR<sub>2</sub> i 0,978 za OR<sub>3</sub>) ukazuju na dobro poklapanje predloženih modela za WL sa eksperimentalnim podacima.

Testiranjem odziva SG utvrđeno je da sva tri tehnološka parametra statistički značajno utiču na vredosti SG za OR<sub>1</sub> model, za OR<sub>2</sub> model statistički značajno utiče samo t, dok za OR<sub>3</sub> model statistički značajno utiču t i T.

Kvadratni članovi SOP-a statistički značajno ne doprinose formiranju modela procesa OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, dok na model OR<sub>3</sub> statistički značajno utiče kvadratni član SOP-a za t. Za model OR<sub>1</sub>, kao i u prethodnim slučajevima, sva tri linearna člana tehnoloških parametara statistički značajno doprinose modelu SOP-a za SG, dok članovi proizvoda parametara nisu statistički značajni. Za model OR<sub>2</sub> jedino linearni član za t statistički značajno doprinosi modelu SOP-a za SG, dok za OR<sub>3</sub> model i t i T linearni članovi statistički značajno doprinose modelu SOP-a za SG. Kao i u dosadanjim slučajevima, ostatak varijanse nije statistički značajan, a visoka vrednost  $r^2$  (0,965 za OR<sub>1</sub>, 0,973 za OR<sub>2</sub> i 0,967 za OR<sub>3</sub>) ukazuje na dobro poklapanje predloženog modela za SG sa eksperimentalnim podacima.

Analizom ANOVA testa odziva  $a_w$  utvrđeno je da sva tri tehnološka parametra statistički značajno utiču na  $a_w$  vredosti, gde je najveći uticaj ostvarilo vreme trajanja procesa (OR<sub>1</sub>), koncentracija i vreme (OR<sub>2</sub>) i koncentracija rastvora (OR<sub>3</sub>). Kvadratni članovi SOP-a značajno ne doprinose formiranju modela procesa OR<sub>1</sub>, dok kvadratni članovi SOP-a za t i c statistički značajno doprinose formiranju modela procesa OR<sub>2</sub>, a kod modela OR<sub>3</sub> kvadratni član za t statistički značajno doprinosi formiranju modela.

Svi linearni članovi tehnoloških parametara statistički značajno doprinose modelu SOP-a za  $a_w$ , dok članovi proizvoda parametara su pokazali statističku značajnost samo u slučaju  $t \times c$  za OR<sub>1</sub> i OR<sub>3</sub>, a svi članovi za OR<sub>2</sub>. Ostatak varijanse nije statistički značajan, ukazujući na dobro poklapanje predloženog modela za  $a_w$  sa eksperimentalnim podacima, kao i visoka vrednost  $r^2$  (0,946 za OR<sub>1</sub>, 0,990 za OR<sub>2</sub> i 0,929 za OR<sub>3</sub>).

Na vrednost odziva DM za OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> statistički su značajno uticala sva tri tehnološka parametra t, T i c, a kao najuticajniji parametar pokazalo se vreme, pa zatim temperatura i na kraju koncentracija. Kod OR<sub>3</sub> na vrednost odziva DM su statistički značajno uticala dva tehnološka parametra, vreme i temperature. Najuticajniji parametar bilo je vreme. Kvadratni članovi SOP-a za t i T statistički značajno doprinose formiranju modela procesa, dok kvadratni

član  $c$  nije statistički značajan za  $OR_1$ . Kvadratni član SOP-a za  $t$  statistički značajno doprinosi formiranju modela procesa, dok kvadratni članovi za  $T$  i  $c$  nisu statistički značajni za  $OR_2$  i  $OR_3$ .

Sva tri linearna člana su statistički značajni, kao i članovi proizvoda  $t \times c$  i  $T \times c$  za  $OR_1$  i  $OR_2$ . Kod  $OR_3$  linearni članovi  $t$  i  $T$  su statistički značajni, kao i član proizvoda  $t \times c$ , dok ostali članovi nisu statistički značajni.

Ostatak varijanse, kao mera odstupanja matematičkog modela od izmerenih eksperimentalnih vrednosti odziva, nije statistički značajna, što ukazuje da je primenjeni model za odziv DM adekvatno prikazuje proces osmotske dehidracije mesa ribe. Vrednost koeficijenta determinacije  $r^2$  je takođe visoka (0,985 za  $OR_1$ , 0,983 za  $OR_2$  i 0,990 za  $OR_3$ ) što je još jedan pokazatelj dobrog poklapanja modela SOP-a sa izmerenim eksperimentalnim vrednostima.

Statistička značajnost kvadratnog člana za vreme u analizama odziva WL, SG i DM ukazuje da se njihove vrednosti, ponašaju po kvadratnoj zavisnosti sa ovim tehnološkim parametrom, odnosno da se smanjuje porast WL, SG i DM nakon određenog vremena trajanja osmotskog tretmana.

Snižavanje sadržaja vode u dehidriranom mesu uz istovremeno povećanje priraštaja suve materije, ulaskom rastvorenih materija iz osmotskog rastvora u tkivo uzorka, dovodi do smanjenja gradijenta koncentracije, odnosno pogonske sile procesa dehidracije i tako utiče na umanjenje porasta vrednosti WL, SG i DM u kasnijim fazama procesa.

U tabelama 4.3., 4.6. i 4.9. prikazani su regresioni koeficijenti SOP-a jednačine [3.5] za četiri odziva matematičkog modela osmotske dehidracije mesa ribe karaš u osmotskim rastvorima  $OR_1$ ,  $OR_2$  i  $OR_3$ , respektivno. Vrednosti ovih koeficijenata se mogu koristiti za formiranje kvadratnih jednačina koje opisuju model procesa osmotske dehidracije mesa ribe. Na osnovu ovih jednačina i poznatih ulaznih veličina, odnosno tehnoloških parametara temperature, vremena i koncentracijem računskim putem mogu se dobiti vrednosti željenih odziva (WL, SG,  $a_w$  i DM).

Na slikama 4.1. do 4.12. dati su grafički prikazi jednačina polinoma drugog reda koji opisuju modele odziva procesa osmotske dehidracije u zavisnosti od tehnoloških parametara. U narednim poglavljima će se pomoću ovih grafika diskutovati o trendovima uticaja tehnoloških parametara na proces osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša.

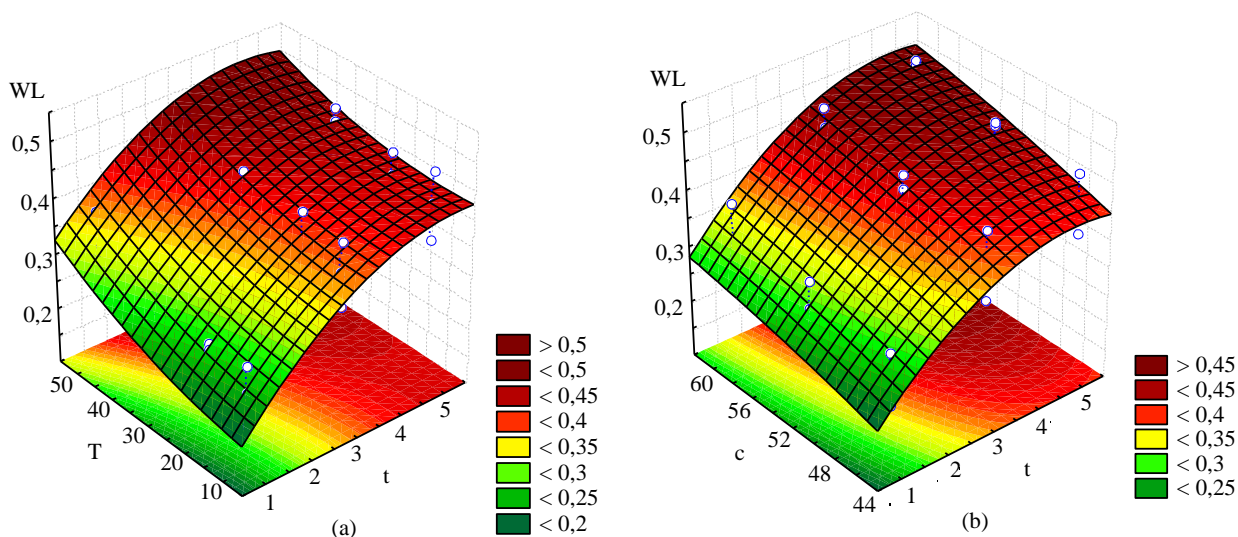
#### 4.1.1.3. Gubitak vode iz uzoraka osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Glavni cilj procesa osmotske dehidracije je smanjenje sadržaja vode u materijalu koji se dehidrira. Rezultati ove disertacije potvrdili su uspešnost osmotskog tretmana u uklanjanju vode iz uzoraka dehidriranih u sva tri osmotska rastvora.

Najveći gubitak vode nakon procesa osmotske dehidracije iz uzoraka mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> iznosio je  $0,501 \pm 0,003$  g/g početnog uzorka (p.u.), u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>,  $0,550 \pm 0,004$  g/g p.u. i najveća vrednost WL postignuta je u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>,  $0,566 \pm 0,005$  g/g p.u., (tabele 4.1, 4.4, 4.7).

Za sva tri osmotska rastvora, najveće vrednosti gubitka vode postignute su nakon 5 časova procesa, pri najvišim radnim temperaturama ( $t=50^\circ\text{C}$ ) i u najvećim koncentracijama osmotskih rastvora (OR<sub>1</sub>=60% s.m., OR<sub>2</sub>=70% s.m., OR<sub>3</sub>=80% s.m.).

Na slikama 4.1.a i 4.1.b, prikazani su uticaji koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub>, temperature i vremena imerzije na gubitak vode iz uzoraka mesa ribe. Porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećala se i vrednost gubitka vode iz mesa ribe (slika 4.1a).



**Slika 4.1.** Zavisnost gubitka vode iz osmotski dehidrirane ribe od:

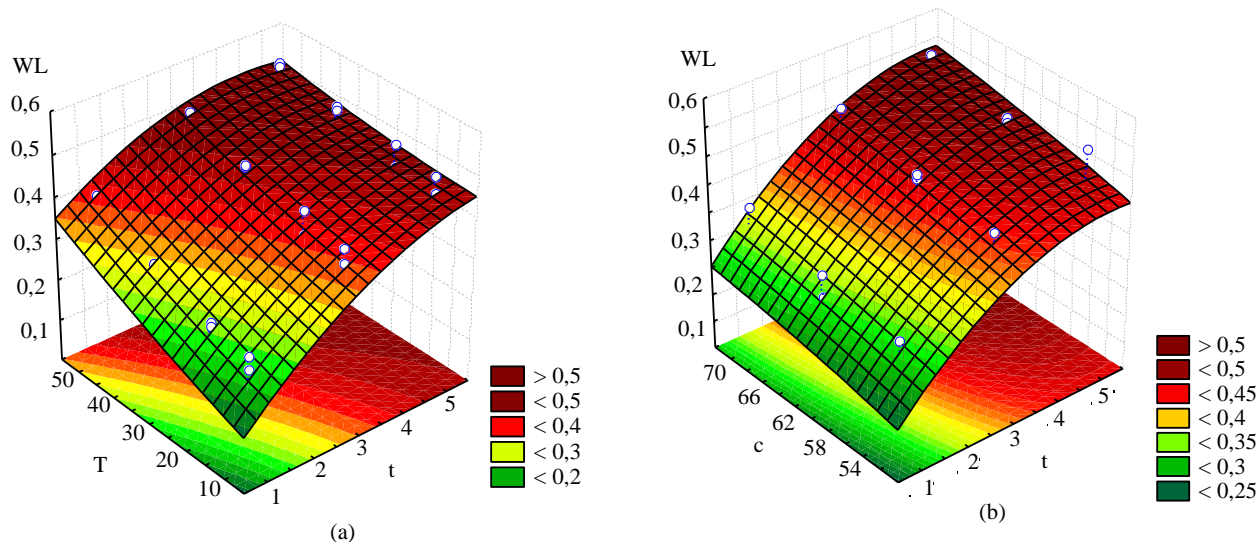
- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> koncentracije 60% s.m.
- vremena imerzije i koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub>, pri temperaturi procesa od  $35^\circ\text{C}$

Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja osmotske dehidracije, povećavala se i vrednost gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.1 b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost gubitka vode iz uzoraka mesa ribe (slika 4.1 a,b).

Povećavanje vrednosti tehnoloških parametara ( $t$ ,  $T$  i  $c$ ) dovelo je do intenziviranja prenosa vode iz uzoraka mesa ribe u osmotski rastvor povećavajući tako vrednost odziva  $WL$ .

Na slikama 4.2.a i 4.2b, prikazani su uticaji koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , temperature i vremena procesa na vrednosti gubitka vode iz uzoraka dehidrirane ribe.



**Slika 4.2.** Zavisnost gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša od:

a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70% s.m.

b) vremena trajanja procesa i koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , pri temperaturi procesa od  $t=35^{\circ}C$

Kao i u slučaju osmotske dehidracije ribe u osmotskom rastvoru  $OR_1$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost gubitka vode iz uzoraka osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.2. a).

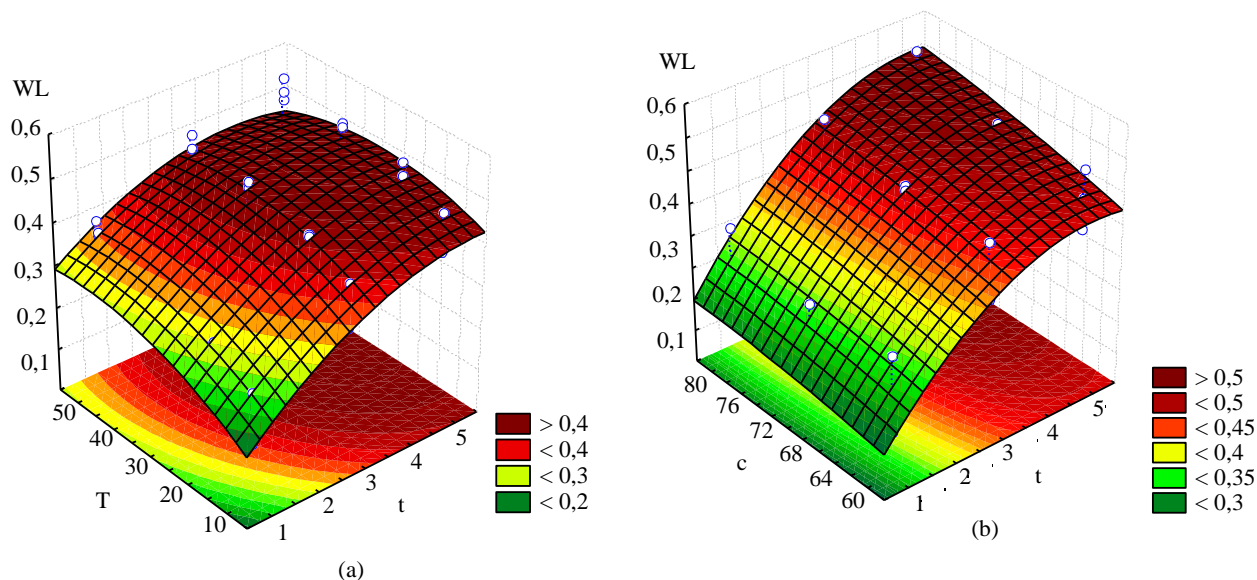
Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , kao i za osmotski rastvor  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se i vrednost gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.2. b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.2. a,b).

Uočava se trend većih postignutih vrednosti parametra gubitka vode iz uzoraka mesa ribe pri osmotskoj dehidraciji u osmotskom rastvoru  $OR_2$  u poređenju sa osmotskim rastvorom  $OR_1$ , pri istim tehnološkim parametrima.

Vrednosti gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od  $10^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ,  $35^\circ\text{C}$  i  $50^\circ\text{C}$ , za osmotski rastvor  $OR_1$  iznosile su:  $0,449 \pm 0,003$  g/g p.u.,  $0,474 \pm 0,004$  g/g p.u.,  $0,492 \pm 0,002$  g/g p.u. i  $0,501 \pm 0,003$  g/g p.u., (tabela 4.1), dok su za osmotski rastvor  $OR_2$  iznosile:  $0,481 \pm 0,005$  g/g p.u.,  $0,515 \pm 0,004$  g/g p.u.,  $0,524 \pm 0,001$  g/g p.u. i  $0,550 \pm 0,004$  g/g p.u., (tabela 4.4).

Na slikama 4.3.a i 4.3.b, prikazani su uticaji koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , temperature i vremena procesa na vrednosti gubitka vode iz osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe.



**Slika 4.3.** Zavisnost gubitka vode iz osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80% s.m.

b) vremena imerzije i koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , pri temperaturi procesa od  $35^\circ\text{C}$

Kao i u prethodnim primerima osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u rastvorima  $OR_1$  i  $OR_2$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost gubitka vode iz uzoraka mesa ribe (slika 4.3a).

Takođe, porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , kao i kod osmotskih rastvora  $OR_1$  i  $OR_2$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se i vrednost gubitka vode iz osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe (slika 4.3b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.3. a,b).

Poređenjem vrednosti gubitka vode pri istim tehnološkim parametrima za sva tri osmotska rastvora, uočava se da su najveće vrednosti postignute su pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru  $OR_3$ .

Vrednosti gubitka vode iz dehidriranih uzoraka mesa srebrnog karaša pri maksimalnoj koncentraciji rastvora i nakon petočasnog procesa na temperaturama od  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$  i  $50^{\circ}\text{C}$ , za osmotski rastvor  $OR_3$  su iznosile:  $0,486 \pm 0,006 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$ ,  $0,530 \pm 0,003 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$ ,  $0,539 \pm 0,001 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$  i  $0,566 \pm 0,005 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$  (tabela 4.7.).

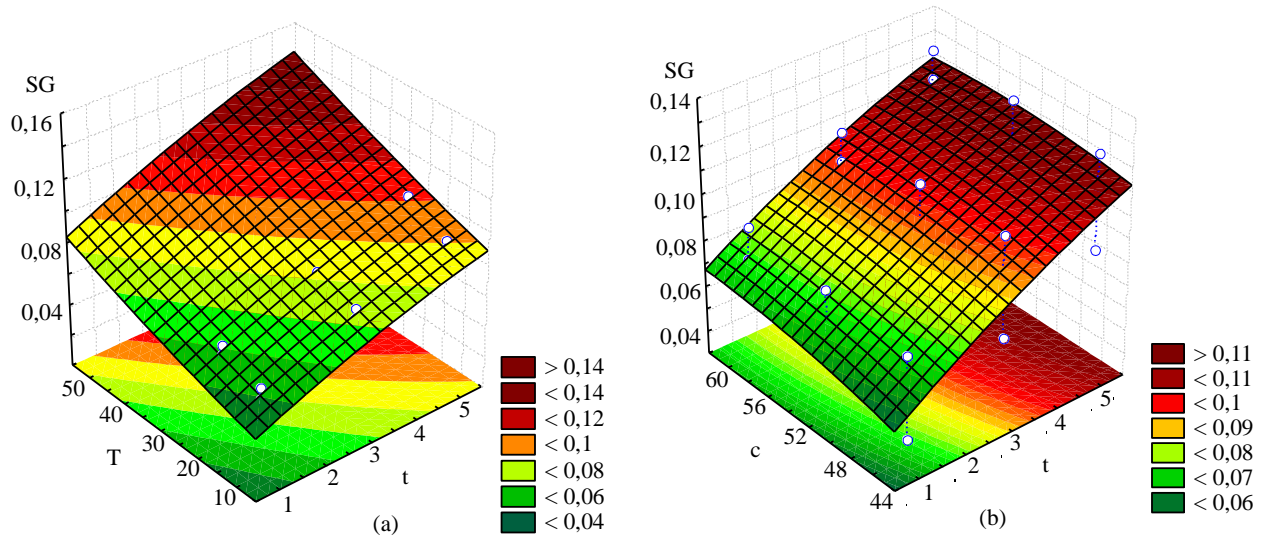
#### 4.1.1.4. Priraštaj suve materije u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Najveća vrednost priraštaja suve materije nakon osmotske dehidracije mesa ribe u osmotskom rastvoru  $OR_1$  iznosila je  $0,130 \pm 0,001 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$ , u osmotskom rastvoru  $OR_2$ ,  $0,146 \pm 0,002 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$ , i u osmotskom rastvoru  $OR_3$  iznosila je  $0,145 \pm 0,002 \text{ g/g}_{\text{p.u.}}$ , (tabele 4.1., 4.4., i 4.7.). U sva tri slučaja temperatura procesa bila je  $50^{\circ}\text{C}$ , vreme trajanja 5 časova, a koncentracije osmotskih rastvora maksimalne ( $OR_1=60$ ,  $OR_2=70$  i  $OR_3=80\%$  s.m.).

Isti trend uticaja tehnoloških parametara koncentracije osmotskih rastvora, temperature i vremena trajanja procesa manifestuje se i kod priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe kao kod gubitaka vode iz dehidriranog mesa ribe, u sva tri osmotska rastvora.



Na slikama 4.4.a i 4.4.b, prikazani su uticaji temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena procesa na priraštaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša



**Slika 4.4.** Zavisnost priraštaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Porastom temperature procesa pri konstantnoj koncentraciji osmotskog rastvora, tokom vremena trajanja procesa povećala se i vrednost priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.4. a).

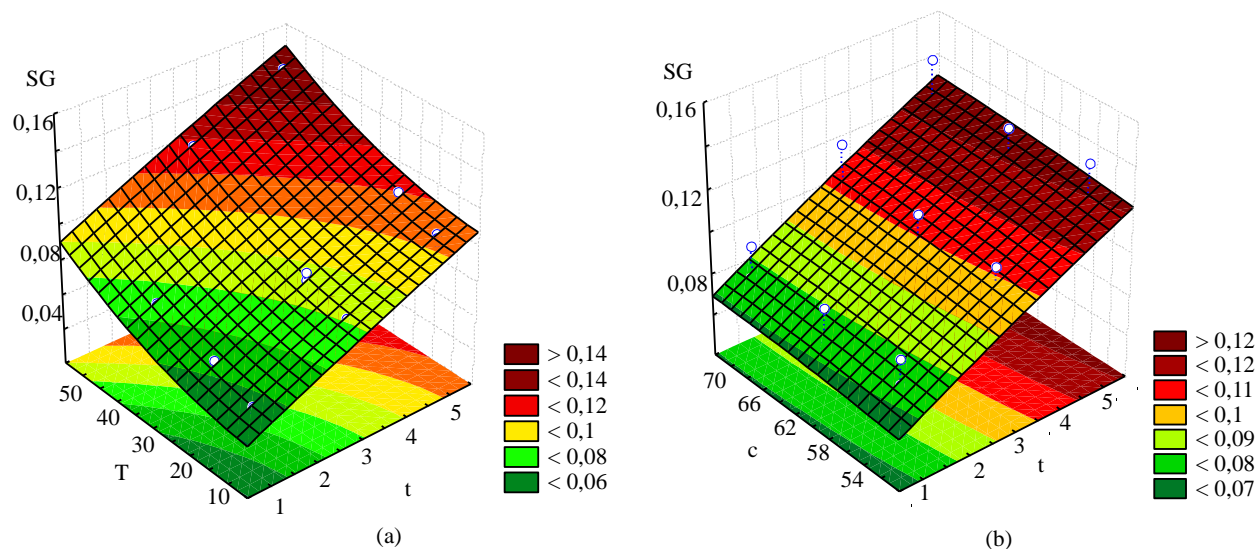
Porast koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi tokom vremena trajanja procesa dehidratacije, uticao je na povećanje vrednosti priraštaja suve materije u uzorcima osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.4. b).

Duže vremene trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i temperature procesa, utiče na povećanje vrednosti priraštaja suve materije u uzorcima dehidriranog mesa ribe (slika 4.4. a, b).

Povećavanje vrednosti tehnoloških parametara (T, t i c) uslovalo je pojačan prenos rastvorka iz osmotskog rastvora u materijal koji se dehidrira, povećavajući tako i vrednost priraštaja suve materije.



Na slikama 4.5.a i 4.5.b, prikazani su uticaji temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena trajanja procesa na priraštaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.5.** Zavisnost priraštaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od  $35^{\circ}\text{C}$ .

Kao i kod dehidracije mesa ribe u osmotskom rastvoru  $OR_1$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , tokom vremena dehidracije, povećavala se i vrednost priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.5. a).

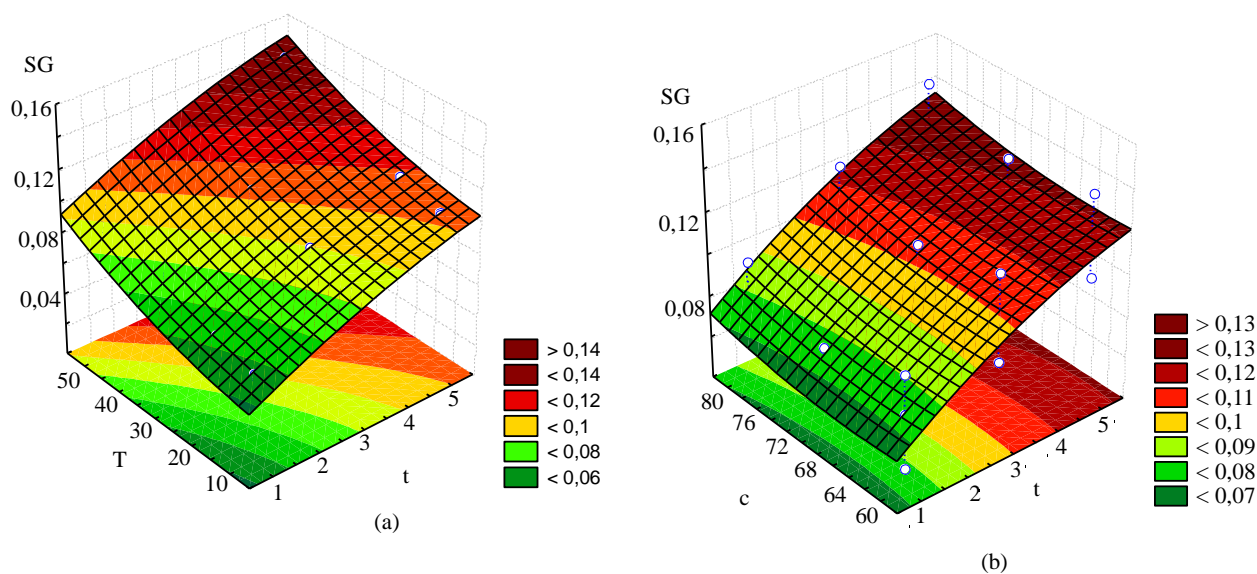
Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , kao i za osmotski rastvor  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećava se vrednost priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.5. b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima drugih tehnoloških parametara povećava se i vrednost priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.5.a,b).

Kao i kod gubitka vode iz osmotski dehidriranog mesa ribe, uočava se trend većih postignutih vrednosti priraštaja suve materije mesa ribe pri osmotskoj dehidraciji u osmotskom rastvoru  $OR_2$  u poređenju sa osmotskim rastvorom  $OR_1$ , a pri istim ostalim tehnološkim parametrima.

Vrednosti priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji hipertoničnih rastvora i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>1</sub> su iznosile: 0,094±0,002 g/g p.u., 0,099±0,008 g/g p.u., 0,117±0,000 g/g p.u. i 0,130±0,001 g/g p.u., (tabela 4.1.), a za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> iznosile su: 0,103±0,002 g/g p.u., 0,108±0,007 g/g p.u., 0,121±0,001 g/g p.u. i 0,146±0,002 g/g p.u., za navedene temperature (tabela 4.4.).

Na slikama 4.6.a i 4.6.b, prikazani su uticaji temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i vremena trajanja procesa na priraštaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.6.** Zavisnost priraštaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> koncentracije 80% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Primećuje se isti način uticaja tehnoloških parametara kao, i u slučajevima osmotske dehidratacije mesa ribe u osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, odnosno, porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se i vrednost priraštaja suve materije u uzorcima osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.6. a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, kao i kod osmotskih rastvora OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se i vrednost priraštaja suve materije iz osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.6.b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i temperature procesa, povećava se i vrednost priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.6. a,b).

Najveće vrednosti priraštaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe, pri istim ostalim tehnološkim parametrima, dobijene su pri osmotskoj dehidraciji u rastvoru OR<sub>3</sub> u poređenju sa osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, identično kao i za gubitak vode iz dehidriranih uzoraka mesa ribe.

Vrednosti priraštaja suve materije iz dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C bile su: 0,103±0,002g/g p.u., 0,111±0,003g/g p.u., 0,124±0,001 g/g p.u. i 0,145±0,002 g/g p.u. (tabela 4.7.).

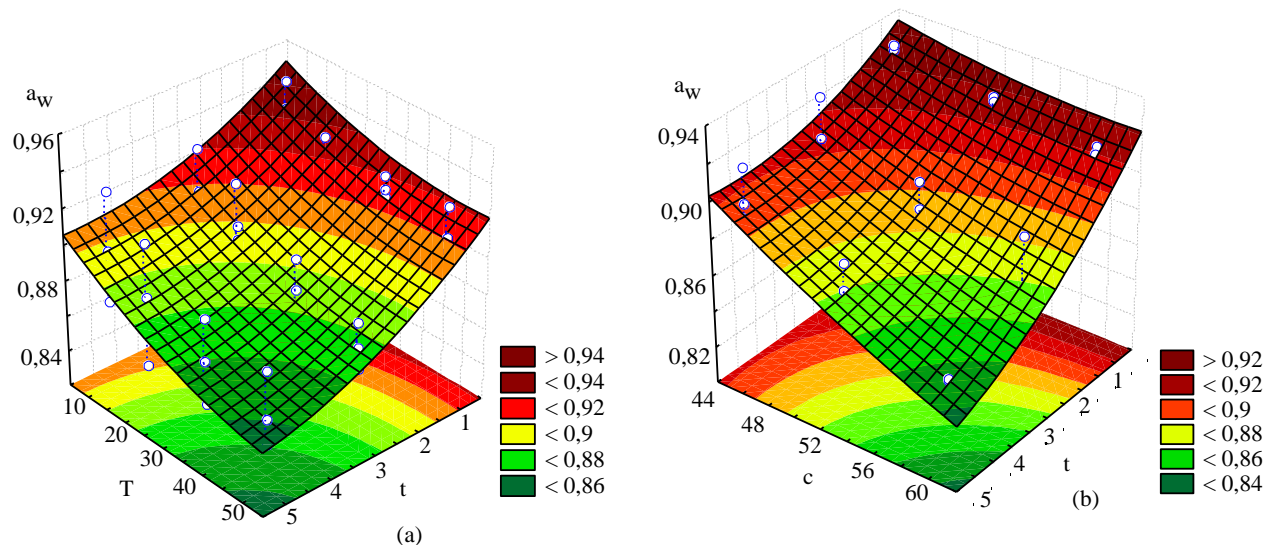
#### 4.1.1.5. Aktivnosti vode $a_w$ u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Prosečna vrednost aktivnosti vode svežeg mesa ribe iznosila je 0,944±0,007. Proces osmotske dehidracije doveo je do snižavanja  $a_w$  vrednosti, a najniža postignuta  $a_w$  vrednost mesa ribe osmotski dehidriranog u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> iznosila je 0,846±0,004, nakon 5 časova procesa, pri temperaturi od 35°C i najvećoj koncentraciji osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> (60% s.m.), tabela 4.1.

Najniža  $a_w$  vrednost mesa ribe osmotski dehidriranog u rastvoru OR<sub>2</sub> je iznosila 0,842±0,007 i ta vrednost je postignuta nakon 5 časova procesa, pri temperaturi od 35°C i u najkoncentrovanijem osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> (70% s.m.), tabela 4.4.

Za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> najniža  $a_w$  vrednost dehidriranog mesa ribe je ujedno i minimalna vrednost za celokupan proces u svim osmotskim rastvorima. Postignuta je nakon 5 časova procesa, pri temperaturi od 50°C u najkoncentrovanijem osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> (80% s.m.) i iznosila je 0,833±0,010, tabela 4.7.

Na slikama 4.7.a i 4.7.b, prikazani su uticaji temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena trajanja procesa na vrednosti  $a_w$  osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.7.** Zavisnost  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranih uzoraka mesa srebrnog karaša od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

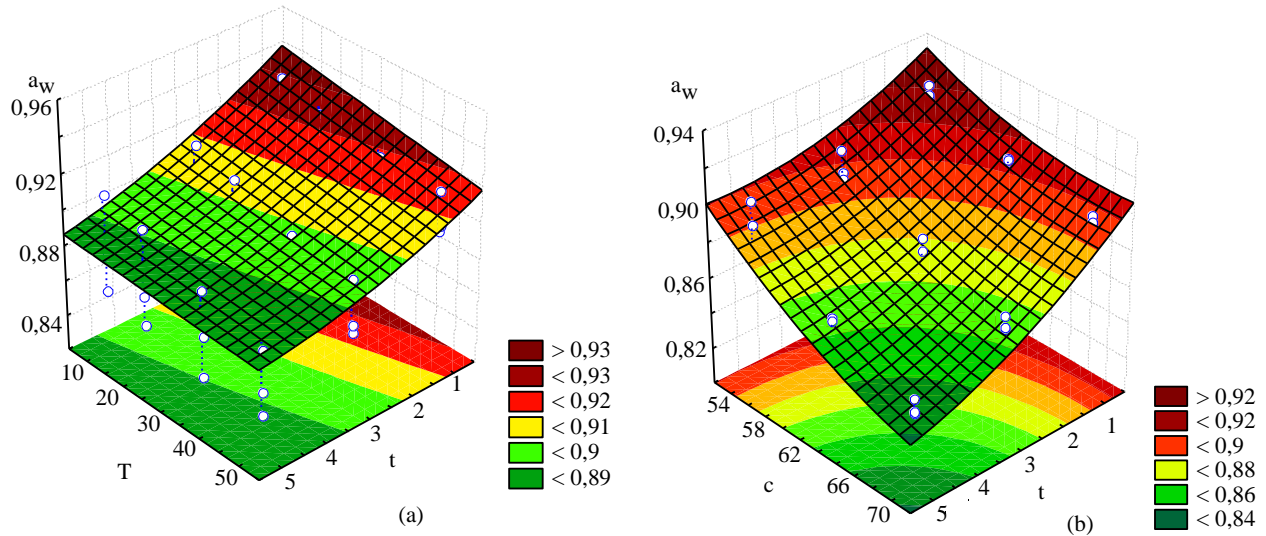
Analiza uticaja tehnoloških parametara vremena, temperature i koncentracije na  $a_w$  vrednost mesa ribe osmotski dehidriranog u rastvoru  $OR_1$  pokazuje složenu zavisnost.

Minimalna  $a_w$  vrednost osmotski dehidriranog mesa ribe koja ukazuje i na njegovu mikrobiološku stabilnost i održivost, postignuta je na temperaturi procesa osmotske dehidratacije od 35°C pri istim ostalim tehnološkim parametrima. Neznatno višu  $a_w$  vrednost imali su uzorci mesa ribe dehidrirani na 50°C, dok su druge dve temperature procesa (10°C i 20°C) dale osmotski dehidrirano meso ribe viših  $a_w$  vrednosti (slika 4.7.,a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , a pri konstantnim temperaturama, tokom trajanja procesa, došlo je do snižavanja  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.7., b).

Povećanjem dužine trajanja procesa osmotske dehidratacije pri konstantnim ostalim tehnološkim parametrima, temperature procesa i koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , smanjivala se  $a_w$  vrednost osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.7. a,b).

Na slici 4.8. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena trajanja procesa na  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.8.** Zavisnost  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Temperatura je kod uzoraka dehidriranih u osmotskom rastvoru  $OR_2$  pokazala sličan trend uticaja na  $a_w$  vrednosti mesa ribe kao i pri osmotskoj dehidrataciji u rastvoru  $OR_1$ , odnosno, minimum  $a_w$  vrednosti uzoraka postignut je na srednjoj temperaturi procesa osmotske dehidratacije od 35°C, bez obzira na ostale tehnološke parametre (slika 4.8 a).

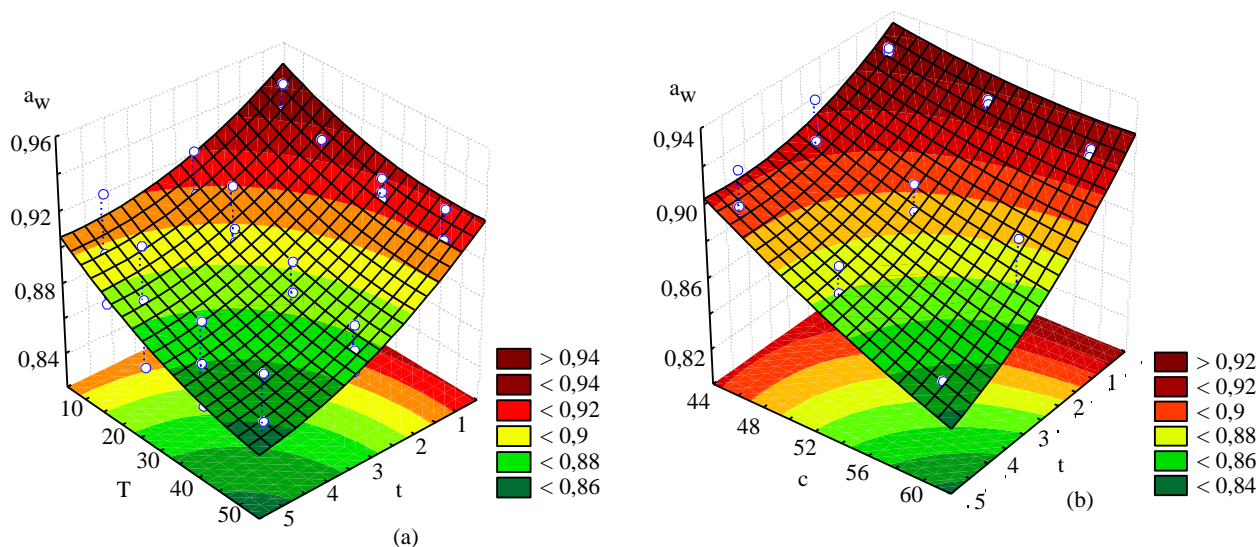
Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , pri konstantnim ostalim parametrima procesa, došlo je i do snižavanja  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.8.,b), kao i kod uzoraka dehidriranih u osmotskom rastvoru  $OR_1$ .

Povećanjem dužine trajanja procesa osmotske dehidratacije pri konstantnim temperaturama procesa i koncentracijama osmotskog rastvora  $OR_2$ , kao i u slučaju osmotskog rastvora  $OR_1$ , smanjivala se  $a_w$  vrednost osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.8. a,b).

Vrednosti aktivnosti vode osmotski dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor  $OR_1$  iznosile su:  $0,870 \pm 0,007$ ,  $0,848 \pm 0,036$ ,  $0,846 \pm 0,008$  i  $0,847 \pm 0,004$ , (tabela 4.1), dok su za osmotski rastvor  $OR_2$  iznosile:  $0,882 \pm 0,012$ ,  $0,850 \pm 0,023$ ,  $0,842 \pm 0,007$  i  $0,843 \pm 0,007$

(tabela 4.4). Ovi rezultati pokazuju da su pri istim tehnološkim parametrima postignute vrlo slične  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranog mesa ribe u osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>.

Na slici 4.9. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i vremena trajanja procesa na  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.9.** Zavisnost  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> koncentracije 80% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Temperatura je i u slučaju osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> pokazala sličan trend uticaja na  $a_w$  vrednost osmotski dehidriranog mesa ribe, kao i u slučaju osmotske dehidratacije u rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, mada je minimum  $a_w$  vrednosti mesa ribe postignut na maksimalnoj temperaturi, (slika 4.9. a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, a pri konstantnoj temperaturi procesa, tokom procesa dehidratacije, došlo je do snižavanja postignute  $a_w$  vrednosti osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.9. b), kao i kod osmotskih rastvora OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>.

Porastom dužine trajanja procesa osmotske dehidratacije pri konstantnim ostalim tehnološkim parametrima, temperature procesa i koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, kao i u slučajevima prethodna dva osmotska rastvora, smanjivala se  $a_w$  vrednost osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.9. a,b).



Vrednosti aktivnosti vode osmotski dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> su iznosile: 0,882±0,010, 0,846±0,023, 0,846±0,009 i 0,833±0,009 tabela 4.7.

Pri istim tehnološkim parametrima postignute su vrlo slične a<sub>w</sub> vrednosti osmotski dehidriranog mesa ribe u OR<sub>3</sub> sa vrednostima postignutim u osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, uz napomenu da je minimum postignute a<sub>w</sub> vrednosti osmotskih dehidriranog mesa ostvaren na najvišoj temperaturi u rastvoru OR<sub>3</sub>, a u rastvoru OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> na 35°C.

Za ovako različite rezultate postignutih minimalnih a<sub>w</sub> vrednosti, verovatno je odgovoran priraštaj suve materije iz osmotskog rastvora, koji u većoj meri menja hemijski sastav mesa ribe dehidriranog u rastvoru OR<sub>3</sub>, usled kompleksnog hemijskog sastava melase šećerne repe.

Poznavanje graničnih a<sub>w</sub> vrednosti za limitiranje rasta mikroorganizama važno je sa zdravstvenog aspekta i aspekta očuvanje hrane. Optimalne a<sub>w</sub> vrednosti za razvoj većine mikroorganizama prikazane su u tabeli 2.4. Na vrednost a<sub>w</sub> u hrani utiču i temperatura, pH sredine, sadržaj dodate soli i drugi faktori (*Kessler, 2002*).

Rezultati postignutih a<sub>w</sub> vrednosti mesa ribe u rastvorima OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, pokazuju da se postupkom osmotske dehidracije može ograničiti rast i razvoj većine bakterija i kvasaca, osim za neke plesni i osmofilne kvasace.

Analize mikrobioloških profila dehidriranog poluproizvoda urađene su upravo radi provere i potvrde higijenske i zdravstvene bezbednosti procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša.

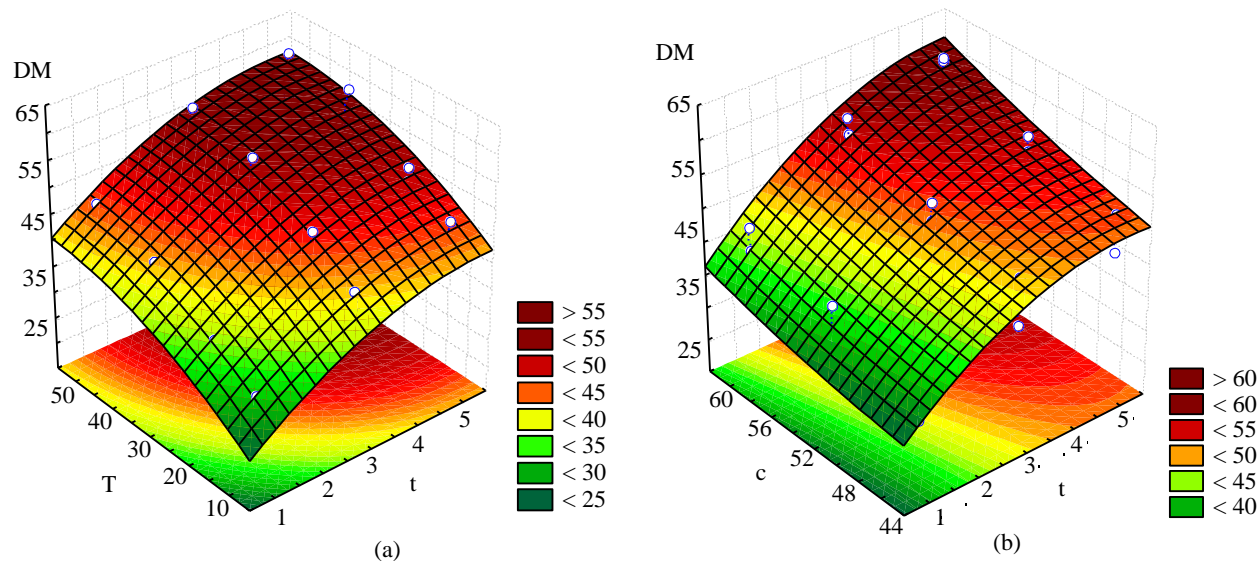
#### **4.1.1.6. Sadržaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša**

Prosečan sadržaj suve materije svežeg mesa ribe iznosio je 23,975±1,965%. Najveće postignute vrednosti sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe bile su: 61,020±0,449%, u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>, 65,543±0,807% u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> i 66,302±0,942%, u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>, (tabele 4.1.,4.4.,4.7.). Za sva tri osmotska rastvora, najveće vrednosti sadržaja suve materije postignute su nakon 5 časova trajanja procesa, pri najvišim temperaturama (t=50°C) i u maksimalnim koncentracijama osmotskih rastvora (OR<sub>1</sub>=60% s.m., OR<sub>2</sub>=70% s.m., OR<sub>3</sub>=80% s.m.).

Na slici 4.10. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena trajanja procesa na sadržaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.

Isti trend uticaja koncentracije osmotskih rastvora, temperature i vremena trajanja procesa, kao i kod gubitaka vode iz osmotski dehidriranog mesa i priraštaja suve materije dehidriranog mesa ribe, uočen je i kod sadržaja suve materije za sva tri osmotska rastvora ( $OR_1, OR_2, OR_3$ ).

Porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.10. a).



**Slika 4.10.** Zavisnost sadržaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, rasla je i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.10.,b).

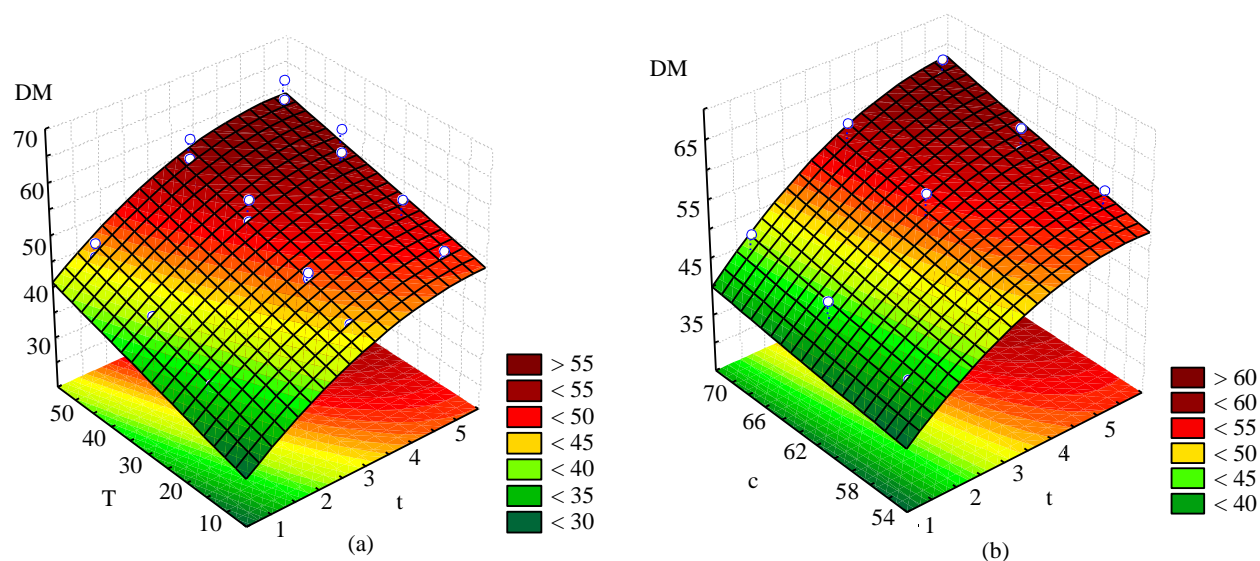
Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i temperature



procesa, povećavala se i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.10.a,b).

Pri većim vrednostima sva tri tehnološka parametra ( $T$ ,  $t$  i  $c$ ) intenzivirao se prenos mase vode iz mesa ribe u osmotski rastvor, koji je odgovoran za povećanje vrednosti sadržaja suve materije u uzorcima dehidriranog mesa ribe.

Na slici 4.11. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena trajanja procesa na sadržaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.11.** Zavisnost sadržaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od  $35^{\circ}C$ .

Kao i kod uzoraka mesa ribe dehidriranih u osmotskom rastvoru  $OR_1$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.11. a).

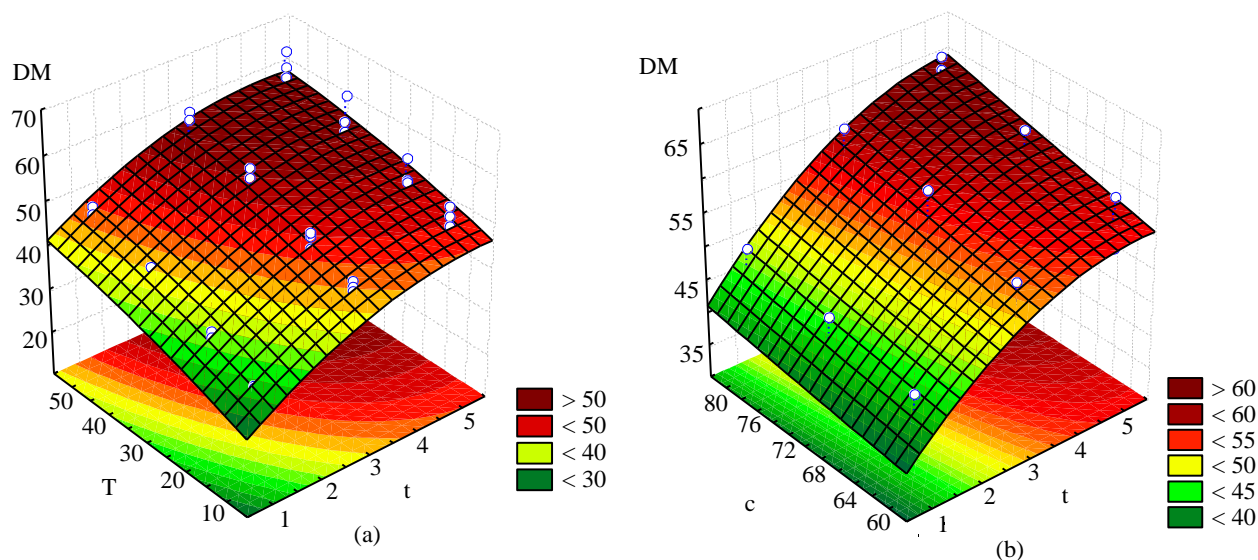
Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , kao i kod osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećala se i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.11. b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša (slika 4.11.a,b).

Poređenjem vrednosti sadržaja suve materije dobijenih dehidracijom mesa ribe u  $OR_1$  sa vrednostima dobijenim dehidracijom u  $OR_2$  zapaža se da su postignute veće vrednosti, parametra sadržaja suve materije, pri osmotskoj dehidraciji u osmotskom rastvoru  $OR_2$  pri istim tehnološkim parametrima.

Vrednosti sadržaja suve materije dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od  $10^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ,  $35^\circ\text{C}$  i  $50^\circ\text{C}$ , za osmotski rastvor  $OR_1$  iznosile su:  $47,618 \pm 0,835\%$  s.m.,  $52,680 \pm 2,256\%$  s.m.,  $60,16 \pm 0,451\%$  s.m. i  $61,020 \pm 0,449\%$  s.m., (tabela 4.1.), dok su za osmotski rastvor  $OR_2$  iznosile:  $48,925 \pm 0,679\%$  s.m.,  $55,926 \pm 5,542\%$  s.m.,  $62,577 \pm 0,0611\%$  s.m., (tabela 4.4.).

Na slikama 4.12.,a i 4.12.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena trajanja procesa na sadržaj suve materije osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša.



**Slika 4.12.** Zavisnost sadržaja suve materije osmotski dehidriranih uzoraka mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od  $35^\circ\text{C}$ .

Kao i na primerima osmotske dehidracije mesa ribe u osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, porastom temperature procesa, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.12.a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub>, kao i kod osmotskih rastvora OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja osmotske dehidracije, povećavala se i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.11.,b).

Sa dužim vremenom trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>3</sub> i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.12 a,b). Isti mehanizmi prenosa mase za sva tri osmotska doveli su do pojave istih trendova zavisnosti tehnoloških parametara i odziva DM za OR<sub>1</sub>,OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>.

Najveće vrednosti sadržaja suve materije osmotski dehidriranog mesa ribe postignute su pri osmotskoj dehidraciji u rastvoru OR<sub>3</sub> u poređenju sa osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, a pri istim ostalim tehnološkim parametrima.

Vrednosti sadržaja suve materije dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> iznosile su: 48,926±1,115% s.m., 58,339±4,471% s.m., 64,272±0,647% s.m, i 66,302±0,942% s.m, tabela 4.7.

Povećanja vrednosti tehnoloških parametara: radne temperature, vremena trajanja procesa i koncentracije osmotskog rastvora, intenziviraju prenos mase između uzorka i osmotskog rastvora. Ubrzava se transfer, kako vode iz uzorka koji se dehidrira, tako i rastvorenih supstanci iz osmotskog rastvora u uzorak. Zato je i očekivano, da maksimalne vrednosti parametara osmotske dehidracije (WL, SG i DM), budu postignute pri maksimalnim vrednostima tehnoloških parametara (T, t i c) i pri dehidraciji u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>, zbog najvećeg sadržaja suve materije.

#### 4.1.2. Matematičko modelovanje promene sadržaja mineralnih materija nakon procesa osmotske dehidracije srebrnog karaša RSM metodom

U tabelama 4.10., 4.13. i 4.16. prikazane su srednje vrednosti šest ponavljanja odziva: Na, K, Ca i Mg sa standardnim devijacijama, za uzorke mesa ribe dehidrirane u tri različita osmotska rastvora OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, tokom 1, 3 i 5 časova procesa (t) osmotske dehidracije, kao i na četiri različite radne temperature (T) i tri različite koncentracije osmotskih rastvora (c).

**Tabela 4.10.** Promena sadržaja mineralnih materija tokom osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>

					OR <sub>1</sub>			
t	T	c	dF	Na	K	Ca	Mg	
0	/	/	/	0,080±0,003 <sup>a</sup>	0,320±0,002 <sup>p</sup>	0,00899±0,00005 <sup>f</sup>	0,026±0,002 <sup>r</sup>	
1	1	1	3	0,164±0,003 <sup>cdef</sup>	0,307±0,005 <sup>lmno</sup>	0,00788±0,00017 <sup>nop</sup>	0,021±0,003 <sup>v</sup>	
1	1	2	3	0,200±0,000 <sup>ijklmn</sup>	0,300±0,007 <sup>ghijklmn</sup>	0,00739±0,00021 <sup>ijklmn</sup>	0,020±0,009 <sup>rs</sup>	
1	1	3	3	0,237±0,003 <sup>rst</sup>	0,295±0,002 <sup>cdefghij</sup>	0,00747±0,00033 <sup>ghijk</sup>	0,018±0,008 <sup>mno</sup>	
1	2	1	3	0,146±0,003 <sup>bcd</sup>	0,308±0,004 <sup>mno</sup>	0,00802±0,00006 <sup>pq</sup>	0,022±0,002 <sup>fghi</sup>	
1	2	2	3	0,181±0,001 <sup>efghij</sup>	0,302±0,005 <sup>hijklmn</sup>	0,00755±0,00008 <sup>lmno</sup>	0,020±0,003 <sup>st</sup>	
1	2	3	3	0,215±0,003 <sup>mnopqr</sup>	0,298±0,005 <sup>efghijkl</sup>	0,00719±0,00007 <sup>hijkl</sup>	0,019±0,001 <sup>opq</sup>	
1	3	1	3	0,129±0,003 <sup>b</sup>	0,312±0,005 <sup>o</sup>	0,00812±0,000037 <sup>q</sup>	0,023±0,007 <sup>hijkl</sup>	
1	3	2	3	0,162±0,005 <sup>cde</sup>	0,306±0,005 <sup>klmno</sup>	0,00768±0,00003 <sup>nop</sup>	0,021±0,003 <sup>u</sup>	
1	3	3	3	0,194±0,005 <sup>hijklm</sup>	0,302±0,005 <sup>ijklmno</sup>	0,00746±0,00006 <sup>hijklm</sup>	0,020±0,010 <sup>r</sup>	
2	1	1	3	0,170±0,011 <sup>efg</sup>	0,304±0,004 <sup>ijklmno</sup>	0,00762±0,00004 <sup>mnop</sup>	0,020±0,011 <sup>mno</sup>	
2	1	2	3	0,198±0,009 <sup>hijklmn</sup>	0,297±0,003 <sup>defghijk</sup>	0,00715±0,00007 <sup>fghi</sup>	0,019±0,003 <sup>pqr</sup>	
2	1	3	3	0,258±0,044 <sup>tuv</sup>	0,293±0,002 <sup>cdefgh</sup>	0,00688±0,00004 <sup>ghijk</sup>	0,017±0,007 <sup>ijklmn</sup>	
2	2	1	3	0,159±0,001 <sup>cde</sup>	0,307±0,002 <sup>mno</sup>	0,00775±0,00006 <sup>op</sup>	0,021±0,002 <sup>def</sup>	
2	2	2	3	0,188±0,001 <sup>ghijk</sup>	0,300±0,005 <sup>ghijklm</sup>	0,00735±0,00002 <sup>hijkl</sup>	0,019±0,001 <sup>rs</sup>	
2	2	3	3	0,215±0,001 <sup>lmnopq</sup>	0,293±0,001 <sup>cdefghi</sup>	0,00696±0,00008 <sup>defg</sup>	0,018±0,003 <sup>lmno</sup>	
2	3	1	3	0,144±0,001 <sup>bc</sup>	0,309±0,002 <sup>no</sup>	0,00790±0,00006 <sup>pq</sup>	0,022±0,001 <sup>efg</sup>	
2	3	2	3	0,177±0,001 <sup>efgh</sup>	0,299±0,001 <sup>ghijklm</sup>	0,00739±0,00004 <sup>ijklmn</sup>	0,020±0,002 <sup>tu</sup>	
2	3	3	3	0,202±0,001 <sup>ijklmn</sup>	0,299±0,002 <sup>fghijklm</sup>	0,00706±0,00007 <sup>ghijk</sup>	0,019±0,000 <sup>opq</sup>	

t T c dF	Na	K	Ca	Mg
3 1 1 3	0,185±0,002 <sup>efghijk</sup>	0,301±0,002 <sup>efghijklmn</sup>	0,00734±0,00008 <sup>hijklmn</sup>	0,020±0,004 <sup>hijk</sup>
3 1 2 3	0,217±0,002 <sup>nopqr</sup>	0,295±0,002 <sup>cdefghij</sup>	0,00691±0,00004 <sup>cdef</sup>	0,018±0,003 <sup>nop</sup>
3 1 3 3	0,242±0,003 <sup>stu</sup>	0,287±0,005 <sup>abcd</sup>	0,00656±0,00003 <sup>bc</sup>	0,016±0,001 <sup>ef</sup>
3 2 1 3	0,179±0,001 <sup>efghi</sup>	0,302±0,002 <sup>hijklmno</sup>	0,00737±0,00004 <sup>klmo</sup>	0,020±0,002 <sup>b</sup>
3 2 2 3	0,212±0,003 <sup>lmnop</sup>	0,296±0,002 <sup>defghij</sup>	0,00695±0,00002 <sup>efgh</sup>	0,018±0,002 <sup>opq</sup>
3 2 3 3	0,237±0,001 <sup>qpst</sup>	0,286±0,001 <sup>abc</sup>	0,00653±0,00004 <sup>cd</sup>	0,016±0,004 <sup>fgh</sup>
3 3 1 3	0,167±0,001 <sup>defg</sup>	0,303±0,001 <sup>jklmno</sup>	0,00754±0,00006 <sup>mno</sup>	0,021±0,004 <sup>bc</sup>
3 3 2 3	0,202±0,001 <sup>ijklmn</sup>	0,296±0,002 <sup>defghij</sup>	0,00711±0,00008 <sup>efghij</sup>	0,018±0,005 <sup>qr</sup>
3 3 3 3	0,232±0,001 <sup>pqrs</sup>	0,290±0,002 <sup>abcdef</sup>	0,00664±0,00002 <sup>cde</sup>	0,017±0,003 <sup>hijk</sup>
4 1 1 3	0,206±0,002 <sup>klmno</sup>	0,296±0,002 <sup>defghij</sup>	0,00797±0,00014 <sup>efgh</sup>	0,018±0,002 <sup>cde</sup>
4 1 2 3	0,240±0,003 <sup>stu</sup>	0,288±0,002 <sup>abcde</sup>	0,00769±0,00008 <sup>bcd</sup>	0,016±0,001 <sup>ghij</sup>
4 1 3 3	0,267±0,001 <sup>v</sup>	0,281±0,002 <sup>a</sup>	0,00747±0,00009 <sup>a</sup>	0,015±0,004 <sup>bc</sup>
4 2 1 3	0,202±0,003 <sup>ijklmn</sup>	0,296±0,002 <sup>defghij</sup>	0,00814±0,00017 <sup>efgh</sup>	0,019±0,002 <sup>a</sup>
4 2 2 3	0,234±0,001 <sup>pqrs</sup>	0,289±0,001 <sup>abcde</sup>	0,00780±0,00004 <sup>cd</sup>	0,017±0,001 <sup>ijklm</sup>
4 2 3 3	0,265±0,002 <sup>v</sup>	0,281±0,001 <sup>a</sup>	0,00751±0,00008 <sup>a</sup>	0,015±0,004 <sup>bcd</sup>
4 3 1 3	0,193±0,001 <sup>hijkl</sup>	0,299±0,002 <sup>efghijklm</sup>	0,00838±0,00010 <sup>hijkl</sup>	0,019±0,005 <sup>a</sup>
4 3 2 3	0,227±0,002 <sup>opqrs</sup>	0,291±0,003 <sup>bcdefg</sup>	0,00797±0,00014 <sup>cdef</sup>	0,017±0,001 <sup>klmn</sup>
4 3 3 3	0,261±0,001 <sup>uv</sup>	0,283±0,003 <sup>ab</sup>	0,00762±0,00018 <sup>ab</sup>	0,015±0,008 <sup>bcde</sup>

**Tabela 4.11.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva Na, K, Ca i Mg za uzorke mesa ribe tokom osmotske dehidracije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>

	dF	Na	K	Ca	Mg
t	1	$1,87 \cdot 10^{-2*}$	$5,87 \cdot 10^{-4*}$	$2,71 \cdot 10^{-6*}$	$5,79 \cdot 10^{-5*}$
t <sup>2</sup>	1	$1,06 \cdot 10^{-7}$	$5,73 \cdot 10^{-6}$	$3,82 \cdot 10^{-9}$	$6,30 \cdot 10^{-8*}$
T	1	$7,67 \cdot 10^{-3*}$	$4,40 \cdot 10^{-4*}$	$1,92 \cdot 10^{-6*}$	$3,48 \cdot 10^{-5*}$
T <sup>2</sup>	1	$4,08 \cdot 10^{-5}$	$2,00 \cdot 10^{-7}$	$1,75 \cdot 10^{-9}$	$2,74 \cdot 10^{-8}$
c	1	$1,73 \cdot 10^{-3*}$	$3,32 \cdot 10^{-5*}$	$1,26 \cdot 10^{-7*}$	$3,96 \cdot 10^{-6*}$
c <sup>2</sup>	1	$8,79 \cdot 10^{-7}$	$7,54 \cdot 10^{-6}$	$5,51 \cdot 10^{-9}$	$3,90 \cdot 10^{-8*}$
t × T	1	$2,57 \cdot 10^{-5}$	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-8}$	$1,91 \cdot 10^{-7*}$
t × c	1	$5,12 \cdot 10^{-5}$	$3,25 \cdot 10^{-6}$	$5,42 \cdot 10^{-8}$	$1,33 \cdot 10^{-9}$
T × c	1	$3,93 \cdot 10^{-4*}$	$1,20 \cdot 10^{-5*}$	$1,30 \cdot 10^{-8*}$	$3,63 \cdot 10^{-7*}$
Error	26	$5,70 \cdot 10^{-4}$	$4,24 \cdot 10^{-5}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$	$1,47 \cdot 10^{-7}$
r <sup>2</sup>		0,980	0,963	0,978	0,998

**Tabela 4.12.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>

	Na	K	Ca	Mg
β <sub>0</sub>	/	$(3,90 \pm 0,33) \cdot 10^{-1}$	$(1,18 \pm 0,16) \cdot 10^{-2}$	$(3,37 \pm 0,19) \cdot 10^{-2}$
β <sub>1</sub>	/	/	$(-4,16 \pm 0,98) \cdot 10^{-4}$	$(-9,40 \pm 1,15) \cdot 10^{-4}$
β <sub>11</sub>	/	/	/	$(2,56 \pm 0,95) \cdot 10^{-5}$
β <sub>2</sub>	$(3,38 \pm 1,09) \cdot 10^{-3}$	$(-8,16 \pm 2,97) \cdot 10^{-4}$	$(-2,74 \pm 1,49) \cdot 10^{-5}$	$(-1,40 \pm 0,17) \cdot 10^{-4}$
β <sub>22</sub>	/	/	/	$(-3,01 \pm 1,69) \cdot 10^{-7}$
β <sub>3</sub>	/	$(-2,48 \pm 1,22) \cdot 10^{-3}$	/	$(-2,69 \pm 0,72) \cdot 10^{-4}$
β <sub>33</sub>	/	/	/	$(1,43 \pm 0,67) \cdot 10^{-6}$
β <sub>12</sub>	/	/	$(-1,47 \pm 0,76) \cdot 10^{-6}$	$(-4,21 \pm 0,89) \cdot 10^{-6}$
β <sub>13</sub>	/	/	$(4,48 \pm 1,53) \cdot 10^{-6}$	/
β <sub>23</sub>	$(-5,08 \pm 1,49) \cdot 10^{-5}$	$(8,89 \pm 4,05) \cdot 10^{-6}$	/	$(1,55 \pm 0,24) \cdot 10^{-6}$

**Tabela 4.13.** Promena sadržaja mineralnih materija tokom osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>

OR <sub>2</sub>							
t	T	c	dF	Na	K	Ca	Mg
0	/	/	/	0,080±0,003 <sup>a</sup>	0,321±0,002 <sup>a</sup>	0,009±0,000 <sup>a</sup>	0,026±0,002 <sup>a</sup>
1	1	1	3	0,222±0,009 <sup>b</sup>	0,444±0,005 <sup>bc</sup>	0,014±0,004 <sup>cd</sup>	0,025±0,001 <sup>cde</sup>
1	1	2	3	0,284±0,004 <sup>ef</sup>	0,588±0,010 <sup>defgh</sup>	0,016±0,010 <sup>efg</sup>	0,026±0,001 <sup>defg</sup>
1	1	3	3	0,343±0,004 <sup>kl</sup>	0,486±0,018 <sup>ijklm</sup>	0,019±0,011 <sup>fghi</sup>	0,026±0,014 <sup>efghi</sup>
1	2	1	3	0,208±0,005 <sup>b</sup>	0,400±0,004 <sup>bc</sup>	0,012±0,003 <sup>cd</sup>	0,025±0,003 <sup>cde</sup>
1	2	2	3	0,269±0,006 <sup>ef</sup>	0,438±0,005 <sup>defgh</sup>	0,013±0,001 <sup>efg</sup>	0,024±0,001 <sup>cdefg</sup>
1	2	3	3	0,325±0,006 <sup>kl</sup>	0,478±0,010 <sup>ijklm</sup>	0,017±0,001 <sup>fghi</sup>	0,026±0,005 <sup>efghi</sup>
1	3	1	3	0,196±0,004 <sup>b</sup>	0,404±0,013 <sup>bc</sup>	0,011±0,020 <sup>cd</sup>	0,025±0,001 <sup>cde</sup>
1	3	2	3	0,349±0,003 <sup>ef</sup>	0,439±0,010 <sup>defgh</sup>	0,014±0,002 <sup>efg</sup>	0,026±0,001 <sup>cdefg</sup>
1	3	3	3	0,255±0,008 <sup>kl</sup>	0,651±0,010 <sup>ijklm</sup>	0,025±0,013 <sup>fghi</sup>	0,032±0,001 <sup>efghi</sup>
2	1	1	3	0,304±0,002 <sup>b</sup>	0,522±0,017 <sup>b</sup>	0,024±0,001 <sup>cde</sup>	0,032±0,001 <sup>bcde</sup>
2	1	2	3	0,405±0,024 <sup>hi</sup>	0,627±0,026 <sup>ghijk</sup>	0,029±0,002 <sup>hij</sup>	0,034±0,001 <sup>fghij</sup>
2	1	3	3	0,487±0,020 <sup>o</sup>	0,745±0,076 <sup>pq</sup>	0,035±0,005 <sup>m</sup>	0,036±0,001 <sup>nopq</sup>
2	2	1	3	0,303±0,004 <sup>b</sup>	0,532±0,003 <sup>bc</sup>	0,022±0,004 <sup>bc</sup>	0,031±0,001 <sup>bc</sup>
2	2	2	3	0,384±0,003 <sup>fg</sup>	0,599±0,006 <sup>efghi</sup>	0,027±0,001 <sup>fgh</sup>	0,033±0,006 <sup>defgh</sup>
2	2	3	3	0,468±0,003 <sup>mn</sup>	0,670±0,006 <sup>lmn</sup>	0,032±0,003 <sup>jk</sup>	0,034±0,001 <sup>ijk</sup>
2	3	1	3	0,292±0,002 <sup>b</sup>	0,518±0,004 <sup>b</sup>	0,020±0,005 <sup>b</sup>	0,030±0,006 <sup>b</sup>
2	3	2	3	0,377±0,006 <sup>ef</sup>	0,587±0,003 <sup>defg</sup>	0,025±0,002 <sup>def</sup>	0,032±0,008 <sup>cdef</sup>
2	3	3	3	0,458±0,004 <sup>m</sup>	0,667±0,005 <sup>klmn</sup>	0,030±0,001 <sup>ijk</sup>	0,034±0,001 <sup>fghij</sup>
3	1	1	3	0,361±0,001 <sup>de</sup>	0,576±0,005 <sup>def</sup>	0,027±0,001 <sup>fg</sup>	0,033±0,003 <sup>defgh</sup>
3	1	2	3	0,451±0,003 <sup>lm</sup>	0,657±0,004 <sup>ijklm</sup>	0,032±0,005 <sup>kl</sup>	0,035±0,007 <sup>ijklm</sup>
3	1	3	3	0,528±0,001 <sup>r</sup>	0,732±0,005 <sup>op</sup>	0,036±0,004 <sup>m</sup>	0,037±0,002 <sup>nop</sup>
3	2	1	3	0,344±0,001 <sup>cd</sup>	0,569±0,006 <sup>cde</sup>	0,026±0,001 <sup>efg</sup>	0,032±0,003 <sup>cdef</sup>
3	2	2	3	0,431±0,001 <sup>jk</sup>	0,647±0,002 <sup>ijk</sup>	0,031±0,002 <sup>jk</sup>	0,034±0,003 <sup>jkl</sup>
3	2	3	3	0,516±0,005 <sup>qr</sup>	0,723±0,006 <sup>op</sup>	0,036±0,002 <sup>m</sup>	0,036±0,004 <sup>mno</sup>

t	T	c	dF	Na	K	Ca	Mg
3	3	1	3	0,335±0,002 <sup>c</sup>	0,554±0,008 <sup>bcd</sup>	0,024±0,005 <sup>cde</sup>	0,031±0,002 <sup>bcd</sup>
3	3	2	3	0,422±0,003 <sup>ijk</sup>	0,630±0,002 <sup>hijkl</sup>	0,029±0,003 <sup>hij</sup>	0,034±0,003 <sup>ghij</sup>
3	3	3	3	0,503±0,002 <sup>opq</sup>	0,717±0,006 <sup>op</sup>	0,034±0,008 <sup>lm</sup>	0,036±0,002 <sup>lmno</sup>
4	1	1	3	0,418±0,002 <sup>hij</sup>	0,637±0,004 <sup>ijkl</sup>	0,030±0,001 <sup>hij</sup>	0,034±0,001 <sup>hij</sup>
4	1	2	3	0,510±0,001 <sup>pq</sup>	0,718±0,005 <sup>op</sup>	0,035±0,001 <sup>m</sup>	0,036±0,001 <sup>klmn</sup>
4	1	3	3	0,600±0,006 <sup>t</sup>	0,790±0,006 <sup>t</sup>	0,040±0,005 <sup>n</sup>	0,038±0,005 <sup>q</sup>
4	2	1	3	0,405±0,003 <sup>hi</sup>	0,626±0,003 <sup>ghijk</sup>	0,029±0,003 <sup>hij</sup>	0,033±0,005 <sup>fghij</sup>
4	2	2	3	0,497±0,004 <sup>op</sup>	0,704±0,005 <sup>nop</sup>	0,035±0,001 <sup>m</sup>	0,036±0,001 <sup>mno</sup>
4	2	3	3	0,581±0,004 <sup>s</sup>	0,783±0,012 <sup>qr</sup>	0,040±0,003 <sup>n</sup>	0,038±0,001 <sup>pq</sup>
4	3	1	3	0,402±0,001 <sup>gh</sup>	0,617±0,004 <sup>fghij</sup>	0,028±0,001 <sup>ghi</sup>	0,033±0,004 <sup>efghi</sup>
4	3	2	3	0,486±0,006 <sup>no</sup>	0,692±0,002 <sup>mno</sup>	0,034±0,004 <sup>lm</sup>	0,036±0,002 <sup>klmn</sup>
4	3	3	3	0,578±0,004 <sup>s</sup>	0,782±0,007 <sup>qr</sup>	0,040±0,001 <sup>n</sup>	0,037±0,001 <sup>opq</sup>



**Tabela 4.14.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva Na, K, Ca i Mg za uzorke mesa ribe tokom osmotske dehidracije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>

	dF	Na	K	Ca	Mg
t	1	$5,00 \cdot 10^{-2*}$	$4,16 \cdot 10^{-2*}$	$1,94 \cdot 10^{-4*}$	$2,69 \cdot 10^{-5*}$
t <sup>2</sup>	1	$8,44 \cdot 10^{-5*}$	$4,06 \cdot 10^{-6}$	$4,18 \cdot 10^{-7}$	$4,77 \cdot 10^{-9}$
T	1	$2,34 \cdot 10^{-2*}$	$2,15 \cdot 10^{-2*}$	$1,50 \cdot 10^{-4*}$	$2,43 \cdot 10^{-5*}$
T <sup>2</sup>	1	$6,75 \cdot 10^{-4*}$	$8,23 \cdot 10^{-4*}$	$7,08 \cdot 10^{-7}$	$4,12 \cdot 10^{-7*}$
c	1	$1,06 \cdot 10^{-4*}$	$5,00 \cdot 10^{-6}$	$4,00 \cdot 10^{-6*}$	$4,72 \cdot 10^{-7*}$
c <sup>2</sup>	1	$2,09 \cdot 10^{-5}$	$4,24 \cdot 10^{-4**}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$	$2,46 \cdot 10^{-10}$
t × T	1	$1,40 \cdot 10^{-6}$	$1,80 \cdot 10^{-4}$	$1,76 \cdot 10^{-7}$	$9,08 \cdot 10^{-8}$
t × c	1	$8,03 \cdot 10^{-5*}$	$4,52 \cdot 10^{-4**}$	$6,78 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-9}$
T × c	1	$3,36 \cdot 10^{-5}$	$5,07 \cdot 10^{-4*}$	$8,37 \cdot 10^{-6*}$	$2,29 \cdot 10^{-6*}$
Error	26	$2,60 \cdot 10^{-4}$	$1,79 \cdot 10^{-3}$	$4,92 \cdot 10^{-6}$	$1,43 \cdot 10^{-6}$
r <sup>2</sup>		0,999	0,989	0,994	0,987

**Tabela 4.15.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>

	Na	K	Ca	Mg
β <sub>0</sub>	$(2,30 \pm 0,81) \cdot 10^{-1}$	$(7,22 \pm 2,13) \cdot 10^{-1}$	/	$(1,87 \pm 0,60) \cdot 10^{-2}$
β <sub>1</sub>	$(3,92 \pm 0,48) \cdot 10^{-2}$	$(2,29 \pm 1,27) \cdot 10^{-2}$	$(2,63 \pm 0,66) \cdot 10^{-3}$	$(8,60 \pm 3,58) \cdot 10^{-4}$
β <sub>11</sub>	$(-9,38 \pm 3,99) \cdot 10^{-4}$	/	/	/
β <sub>2</sub>	/	/	$(5,20 \pm 1,01) \cdot 10^{-4}$	$(2,07 \pm 0,55) \cdot 10^{-4}$
β <sub>22</sub>	$(4,71 \pm 0,71) \cdot 10^{-5}$	$(5,21 \pm 1,86) \cdot 10^{-5}$	$(1,53 \pm 0,98) \cdot 10^{-6}$	$(1,16 \pm 0,53) \cdot 10^{-6}$
β <sub>3</sub>	/	/	$(5,87 \pm 3,55) \cdot 10^{-4}$	/
β <sub>33</sub>	/	$(1,10 \pm 0,55) \cdot 10^{-4}$	/	/
β <sub>12</sub>	/	/	/	/
β <sub>13</sub>	$(1,48 \pm 0,65) \cdot 10^{-4}$	$(3,51 \pm 1,69) \cdot 10^{-4}$	/	/
β <sub>23</sub>	/	$(-4,95 \pm 2,26) \cdot 10^{-5}$	$(-6,36 \pm 1,18) \cdot 10^{-6}$	$(-3,33 \pm 0,64) \cdot 10^{-6}$

**Tabela 4.16.** Promena sadržaja mineralnih materija tokom osmotske dehidracije karaša u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>

				OR <sub>3</sub>			
t	T	c	dF	Na	K	Ca	Mg
0	/	/	27	0,080±0,001 <sup>a</sup>	0,321±0,002 <sup>a</sup>	0,009±0,000 <sup>a</sup>	0,026±0,005 <sup>b</sup>
1	1	1	3	0,280±0,005 <sup>cd</sup>	0,501±0,006 <sup>cde</sup>	0,020±0,002 <sup>cd</sup>	0,030±0,004 <sup>ghi</sup>
1	1	2	3	0,369±0,005 <sup>gh</sup>	0,588±0,010 <sup>gh</sup>	0,025±0,001 <sup>ef</sup>	0,032±0,004 <sup>ijkl</sup>
1	1	3	3	0,450±0,007 <sup>lmn</sup>	0,677±0,005 <sup>ij</sup>	0,030±0,001 <sup>gh</sup>	0,034±0,001 <sup>lmn</sup>
1	2	1	3	0,271±0,002 <sup>bc</sup>	0,493±0,009 <sup>bc</sup>	0,017±0,001 <sup>bc</sup>	0,029±0,001 <sup>efg</sup>
1	2	2	3	0,357±0,007 <sup>fg</sup>	0,574±0,011 <sup>ef</sup>	0,023±0,001 <sup>de</sup>	0,031±0,001 <sup>ghij</sup>
1	2	3	3	0,436±0,003 <sup>ijkl</sup>	0,658±0,010 <sup>gh</sup>	0,027±0,001 <sup>fg</sup>	0,033±0,008 <sup>ijklm</sup>
1	3	1	3	0,264±0,004 <sup>b</sup>	0,496±0,008 <sup>b</sup>	0,015±0,009 <sup>b</sup>	0,028±0,001 <sup>def</sup>
1	3	2	3	0,349±0,005 <sup>ef</sup>	0,573±0,008 <sup>de</sup>	0,020±0,002 <sup>cd</sup>	0,030±0,001 <sup>fgh</sup>
1	3	3	3	0,426±0,006 <sup>ijk</sup>	0,651±0,011 <sup>fg</sup>	0,025±0,003 <sup>ef</sup>	0,032±0,001 <sup>ghij</sup>
2	1	1	3	0,353±0,020 <sup>e</sup>	0,547±0,038 <sup>bcd</sup>	0,039±0,003 <sup>hi</sup>	0,022±0,001 <sup>a</sup>
2	1	2	3	0,563±0,040 <sup>opq</sup>	0,881±0,067 <sup>lm</sup>	0,063±0,003 <sup>no</sup>	0,036±0,002 <sup>ijklm</sup>
2	1	3	3	0,688±0,047 <sup>t</sup>	1,064±0,081 <sup>p</sup>	0,076±0,005 <sup>s</sup>	0,044±0,003 <sup>q</sup>
2	2	1	3	0,374±0,004 <sup>ef</sup>	0,580±0,005 <sup>cde</sup>	0,042±0,002 <sup>i</sup>	0,023±0,002 <sup>a</sup>
2	2	2	3	0,530±0,003 <sup>no</sup>	0,814±0,009 <sup>jk</sup>	0,060±0,001 <sup>lm</sup>	0,034±0,002 <sup>ghij</sup>
2	2	3	3	0,640±0,004 <sup>s</sup>	0,998±0,003 <sup>o</sup>	0,071±0,002 <sup>r</sup>	0,041±0,001 <sup>p</sup>
2	3	1	3	0,350±0,003 <sup>de</sup>	0,541±0,003 <sup>bcd</sup>	0,039±0,001 <sup>i</sup>	0,022±0,005 <sup>a</sup>
2	3	2	3	0,507±0,007 <sup>mn</sup>	0,787±0,007 <sup>ij</sup>	0,057±0,009 <sup>l</sup>	0,032±0,001 <sup>efgh</sup>
2	3	3	3	0,621±0,005 <sup>rs</sup>	0,974±0,011 <sup>no</sup>	0,070±0,001 <sup>qr</sup>	0,040±0,002 <sup>op</sup>
3	1	1	3	0,481±0,007 <sup>klm</sup>	0,739±0,012 <sup>hi</sup>	0,053±0,006 <sup>k</sup>	0,030±0,002 <sup>de</sup>
3	1	2	3	0,634±0,006 <sup>s</sup>	0,982±0,006 <sup>no</sup>	0,071±0,001 <sup>qr</sup>	0,040±0,005 <sup>op</sup>
3	1	3	3	0,751±0,006 <sup>u</sup>	1,156±0,009 <sup>q</sup>	0,084±0,001 <sup>v</sup>	0,048±0,001 <sup>s</sup>
3	2	1	3	0,445±0,002 <sup>hij</sup>	0,696±0,008 <sup>gh</sup>	0,050±0,002 <sup>jk</sup>	0,028±0,004 <sup>cd</sup>
3	2	2	3	0,608±0,005 <sup>rs</sup>	0,926±0,009 <sup>mn</sup>	0,068±0,001 <sup>pq</sup>	0,038±0,002 <sup>no</sup>
3	2	3	3	0,716±0,006 <sup>t</sup>	1,105±0,011 <sup>pq</sup>	0,080±0,001 <sup>tu</sup>	0,045±0,002 <sup>qr</sup>

t	T	c	dF	Na	K	Ca	Mg
3	3	1	3	0,436±0,001 <sup>hi</sup>	0,670±0,005 <sup>fg</sup>	0,048±0,002 <sup>j</sup>	0,028±0,002 <sup>c</sup>
3	3	2	3	0,590±0,005 <sup>qr</sup>	0,911±0,007 <sup>m</sup>	0,066±0,008 <sup>op</sup>	0,038±0,002 <sup>mn</sup>
3	3	3	3	0,708±0,006 <sup>t</sup>	1,091±0,009 <sup>p</sup>	0,078±0,006 <sup>st</sup>	0,044±0,004 <sup>qr</sup>
4	1	1	3	0,573±0,007 <sup>pq</sup>	0,879±0,006 <sup>lm</sup>	0,064±0,002 <sup>no</sup>	0,036±0,002 <sup>klmn</sup>
4	1	2	3	0,722±0,010 <sup>tu</sup>	1,120±0,012 <sup>pq</sup>	0,082±0,001 <sup>uv</sup>	0,046±0,001 <sup>rs</sup>
4	1	3	3	0,851±0,003 <sup>w</sup>	1,295±0,009 <sup>r</sup>	0,094±0,001 <sup>x</sup>	0,053±0,005 <sup>t</sup>
4	2	1	3	0,554±0,004 <sup>op</sup>	0,855±0,003 <sup>kl</sup>	0,061±0,010 <sup>mn</sup>	0,035±0,002 <sup>ik</sup>
4	2	2	3	0,705±0,005 <sup>t</sup>	1,081±0,009 <sup>p</sup>	0,078±0,001 <sup>st</sup>	0,045±0,002 <sup>qr</sup>
4	2	3	3	0,817±0,008 <sup>v</sup>	1,273±0,010 <sup>r</sup>	0,091±0,001 <sup>w</sup>	0,052±0,001 <sup>t</sup>
4	3	1	3	0,545±0,004 <sup>op</sup>	0,841±0,007 <sup>ijkl</sup>	0,061±0,001 <sup>mn</sup>	0,034±0,001 <sup>hijk</sup>
4	3	2	3	0,698±0,004 <sup>t</sup>	1,088±0,004 <sup>p</sup>	0,078±0,001 <sup>st</sup>	0,044±0,006 <sup>qr</sup>
4	3	3	3	0,818±0,009 <sup>vw</sup>	1,250±0,004 <sup>r</sup>	0,090±0,007 <sup>w</sup>	0,052±0,006 <sup>t</sup>

**Tabela 4.17.** Analiza varijanse (ANOVA) modela odziva Na, K, Ca i Mg za uzorke mesa ribe tokom osmotske dehidracije u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>

	dF	Na	K	Ca	Mg
t	1	$5,62 \cdot 10^{-2*}$	$1,28 \cdot 10^{-1*}$	$6,52 \cdot 10^{-4*}$	$2,11 \cdot 10^{-4*}$
t <sup>2</sup>	1	$4,92 \cdot 10^{-3*}$	$7,40 \cdot 10^{-3*}$	$5,13 \cdot 10^{-5*}$	$1,34 \cdot 10^{-5*}$
T	1	$3,09 \cdot 10^{-2*}$	$6,98 \cdot 10^{-2*}$	$3,71 \cdot 10^{-4*}$	$1,20 \cdot 10^{-4*}$
T <sup>2</sup>	1	$7,16 \cdot 10^{-4*}$	$7,65 \cdot 10^{-4}$	$7,67 \cdot 10^{-6*}$	$1,77 \cdot 10^{-6**}$
c	1	$9,28 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-9}$	$4,64 \cdot 10^{-7}$	$8,51 \cdot 10^{-11}$
c <sup>2</sup>	1	$2,66 \cdot 10^{-4}$	$4,66 \cdot 10^{-4}$	$5,11 \cdot 10^{-6**}$	$7,25 \cdot 10^{-7}$
t × T	1	$4,85 \cdot 10^{-4*}$	$6,62 \cdot 10^{-4}$	$5,06 \cdot 10^{-6**}$	$1,82 \cdot 10^{-6**}$
t × c	1	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-3**}$	$5,25 \cdot 10^{-6**}$	$2,05 \cdot 10^{-6**}$
T × c	1	$1,72 \cdot 10^{-4}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$1,26 \cdot 10^{-6}$	$6,39 \cdot 10^{-7}$
Error	26	$1,80 \cdot 10^{-3}$	$4,83 \cdot 10^{-3}$	$2,59 \cdot 10^{-5}$	$7,88 \cdot 10^{-6}$
r <sup>2</sup>		0,996	0,996	0,996	0,996

**Tabela 4.18.** Regresioni koeficijenti polinoma drugog stepena za četiri odziva sistema pri osmotskoj dehidraciji mesa ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>

	Na	K	Ca	Mg
β <sub>0</sub>	/	/	$(4,93 \pm 2,56) \cdot 10^{-2}$	/
β <sub>1</sub>	$(1,08 \pm 0,13) \cdot 10^{-1}$	$(1,37 \pm 0,21) \cdot 10^{-1}$	$(1,05 \pm 0,15) \cdot 10^{-3}$	$(5,66 \pm 0,84) \cdot 10^{-3}$
β <sub>11</sub>	$(-7,16 \pm 1,05) \cdot 10^{-3}$	$(-8,78 \pm 1,72) \cdot 10^{-3}$	$(-7,31 \pm 1,26) \cdot 10^{-4}$	$(-3,73 \pm 0,07) \cdot 10^{-4}$
β <sub>2</sub>	$(5,10 \pm 1,93) \cdot 10^{-3}$	$(8,15 \pm 3,17) \cdot 10^{-3}$	$(5,43 \pm 2,32) \cdot 10^{-4}$	$(3,58 \pm 1,28) \cdot 10^{-4}$
β <sub>22</sub>	$(4,86 \pm 1,87) \cdot 10^{-5}$	$(5,02 \pm 3,06) \cdot 10^{-5}$	$(5,03 \pm 2,24) \cdot 10^{-6}$	$(2,42 \pm 1,23) \cdot 10^{-6}$
β <sub>3</sub>	/	/	/	/
β <sub>33</sub>	/	/	$(9,22 \pm 5,04) \cdot 10^{-6}$	/
β <sub>12</sub>	$(-2,12 \pm 0,99) \cdot 10^{-4}$	/	$(-2,16 \pm 1,19) \cdot 10^{-5}$	$(-1,30 \pm 0,66) \cdot 10^{-5}$
β <sub>13</sub>	/	$(4,60 \pm 2,43) \cdot 10^{-4}$	$(3,31 \pm 1,78) \cdot 10^{-5}$	$(2,07 \pm 0,98) \cdot 10^{-5}$
β <sub>23</sub>	/	/	/	/

Različita slova (<sup>abcefg hijklmn uvow</sup>) u eksponentu u istoj koloni tabele (4.10., 4.13. i 4.16.) ukazuju na statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti, pri nivou značajnosti od  $p < 0,05$  (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa).

#### **4.1.2.1. Utvrđivanje matematičkih modela promene sadržaja Na, K, Ca i Mg nakon procesa osmotske dehidracije RSM metodom**

Metoda odzivne površine primenjena je i za određivanja matematičkih modela sadržaja Na, K, Ca i Mg nakon procesa osmotske dehidracije uzoraka ribe u tri različita osmotska rastvora: OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>.

U tabelama 4.11., 4.14. i 4.17. prikazani su rezultati analize varijanse (ANOVA) modela odzivnih površina koji su dobijeni na osnovu eksperimentalnih rezultata za proces osmotske dehidracije mesa ribe u sva tri osmotska rastvora.

Na osnovu ovih rezultata analizirani su statistički značajni efekti tehnoloških parametara, kao i njihovi uticaji na odzive matematičkog modela. Polinom drugog reda (SOP) u obliku jednačine [3.5] primenjen je za predviđanje funkcije [3.4] za sve posmatrane tehnološke parametre.

#### **4.1.2.2. Matematički modeli procesa osmotske dehidracije u rastvorima OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> za promenu sadržaja Na, K, Ca i Mg**

Rezultati ANOVA testa posmatranih odziva promene sadržaja minerala tokom dehidracije mesa ribe u hipertoničnim rastvorima OR<sub>1</sub> (tabela 4.11.), OR<sub>2</sub> (tabela 4.14.) i OR<sub>3</sub> (tabela 4.17.) pokazuju da na vrednost sadržaja Na statistički značajno utiču sva tri parametra: vreme, temperatura i koncentracija za OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> model, dok za OR<sub>3</sub> statistički značajno utiču samo  $t$  i  $T$ .

Najuticajniji parametar za OR<sub>1</sub> i OR<sub>3</sub> modele bila je temperatura, a za OR<sub>2</sub> vreme trajanja procesa. Za modele OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, samo kvadratni član SOP-a za koncentraciju statistički značajno ne doprinosi formiranju modela procesa, a druga dva kvadratna člana tehnoloških parametara su statistički značajna. Za model OR<sub>1</sub>, sva tri kvadratna člana SOP-a statistički značajno ne doprinose formiranju modela procesa. Članovi proizvoda parametara statistički su značajni u slučaju  $T \times c$  za model u OR<sub>1</sub>,  $t \times c$  za model OR<sub>2</sub> i  $t \times T$  za model OR<sub>3</sub>. Ostatak varijanse koji nije statistički značajan, kao i visoka vrednost koeficijenta determinacije  $r^2$ , (0,980 za OR<sub>1</sub>, 0,999 za

OR<sub>2</sub> i 0,996 za OR<sub>3</sub>) ukazuju na dobro poklapanje predloženih modela za sadržaj Na sa eksperimentalnim podacima.

Testiranjem odziva sadržaja K utvrđeno je da sva tri tehnološka parametra statistički značajno utiču na vredosti K za OR<sub>1</sub> model, a da za OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> modele statistički značajno utiču samo t i T.

Kvadratni članovi SOP-a statistički značajno ne doprinose formiranju modela procesa za OR<sub>1</sub>, na model OR<sub>2</sub> statistički značajno utiču kvadratni članovi SOP-a za T i c, dok na model OR<sub>3</sub> statistički značajno utiče samo kvadratni član za vreme.

Za model OR<sub>1</sub>, članovi proizvoda parametara nisu statistički značajni. Za model OR<sub>2</sub> statistički su značajni proizvodi članova t×c i T×c, a za model OR<sub>3</sub> samo t×c statistički značajno doprinosi modelu SOP-a za K.

Ostatak varijanse nije statistički značajan, a visoka vrednost r<sup>2</sup> (0,963 za OR<sub>1</sub>, 0,989 za OR<sub>2</sub> i 0,996 za OR<sub>3</sub>) ukazuje na dobro poklapanje predloženog modela za sadržaj K sa eksperimentalnim podacima.

Analizom ANOVA testa odziva Ca utvrđeno je da sva tri tehnološka parametra statistički značajno utiču na sadržaj Ca za modele OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, dok za model OR<sub>3</sub> statistički značajno ne utiče samo koncentracija. Najveći uticaj ostvarilo je vreme trajanja procesa (OR<sub>1</sub>), koncentracija (OR<sub>2</sub>) i temperatura (OR<sub>3</sub>).

Svi kvadratni članovi SOP-a samo za model OR<sub>3</sub> statistički značajno doprinose, dok za model OR<sub>2</sub> samo kvadratni član c statistički značajno doprinosi, a kod modela OR<sub>1</sub> nijedan kvadratni član statistički ne doprinosi značajno.

Članovi proizvoda parametara T×c značajno doprinose formiranju modela procesa OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, dok članovi proizvoda SOP-a za t×T i t×c statistički značajno doprinose formiranju modela procesa OR<sub>3</sub>. Ostatak varijanse nije statistički značajan, što ukazuje na dobro poklapanje predloženog modela za sadržaj Ca sa eksperimentalnim podacima, kao i visoka vrednost r<sup>2</sup> (0,978 za OR<sub>1</sub>, 0,994 za OR<sub>2</sub> i 0,996 za OR<sub>3</sub>).

Na vrednost odziva Mg za OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> statistički su značajno uticala sva tri tehnološka parametra (t, T i c), a kao najuticajniji parameter za OR<sub>1</sub> pokazalo se vreme, a za OR<sub>2</sub> koncentracija. Kod OR<sub>3</sub> na vrednost odziva Mg su statistički značajno uticala dva tehnološka parametra, vreme i temperatura. Najuticajniji parameter bilo je vreme. Kvadratni članovi SOP-a za t i c statistički značajno doprinose formiranju modela procesa, dok kvadratni član T nije

statistički značajan za  $OR_1$ . Kvadratni član SOP-a za T statistički značajno doprinosi formiranju modela procesa, dok kvadratni članovi za t i c nisu statistički značajni za  $OR_2$ . Kod modela  $OR_3$  kvadratni članovi za T i c statistički značajno doprinose formiranju modela procesa.

Članovi proizvoda  $T \times c$  i  $t \times T$  za  $OR_1$  statistički značajno doprinose formiranju modela procesa. Član  $T \times c$  statistički značajno doprinosi modelu  $OR_2$ , dok su za model  $OR_3$  statistički značajni članovi proizvoda  $t \times c$  i  $t \times T$ .

Ostatak varijanse, kao mera odstupanja matematičkog modela od izmerenih eksperimentalnih vrednosti odziva, nije statistički značajna, što ukazuje da je primenjeni model za odziv Mg adekvatno prikazuje rezultate procesa osmotske dehidracije mesa ribe. Vrednost koeficijenta determinacije  $r^2$  je takođe visoka (0,998 za  $OR_1$ , 0,987 za  $OR_2$  i 0,996 za  $OR_3$ ) što je još jedan pokazatelj dobrog poklapanja modela SOP-a sa izmerenim eksperimentalnim vrednostima.

Različita statistička značajnost za iste odzive sistema u modelima  $OR_1$ ,  $OR_2$  i  $OR_3$  posledica je različitog hemijskog sastava, ovih osmotskih rastvora.

U tabelama 4.12., 4.15. i 4.18. prikazani su regresioni koeficijenti SOP-a jednačine [3.5] za četiri odziva matematičkog modela osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u osmotskim rastvorima  $OR_1$ ,  $OR_2$  i  $OR_3$ , respektivno. Vrednosti ovih koeficijenata se mogu koristiti za formiranje kvadratnih jednačina koje opisuju model sadržaja mineralnih materija za proces osmotske dehidracije mesa ribe. Na osnovu ovih jednačina i poznatih ulaznih veličina, odnosno tehnoloških parametara (temperatura, vremena i koncentracije) računskim putem mogu se dobiti vrednosti željenih odziva (Na, K, Mg i Ca).

Na slikama 4.13. do 4.24. dati su grafički prikazi jednačina polinoma drugog reda koji opisuju modele sadržaja minerala nakon procesa osmotske dehidracije u zavisnosti od tehnoloških parametara. U narednim poglavljima će se pomoću ovih grafika diskutovati o trendovima uticaja tehnoloških parametara na sadržaj Na, K, Mg i Ca nakon procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša.

#### 4.1.2.3. Promena sadržaja natrijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Natrijum je za organizam čoveka izuzetno važan, kao glavni katjon ekstracelularne tečnosti. Hranljive supstance sadrže relativno malo Na, pa se on unosi preko hrane najčešće u obliku kuhinjske soli. Dnevne potrebe odraslog čoveka procenjuju se na 5 g NaCl.

Funkcije natrijuma u organizmu su: regulisanje i održavanje ravnoteže osmotskog pritiska krvne plazme i drugih telesnih tečnosti, uticaj na zadržavanje tečnosti u organizmu, regulacija kiselo-bazne ravnoteže, predaja hlorida pri sintezi želudačnog soka, održavanje membranskog potencijala i permeabilnosti ćelija (*Nikolić i Dorđević, 2009; Filipčev, 2009*).

Negativna strana visokog unosa natrijuma je pojačano izlučivanje kalcijuma i povećanje rizika od stvaranja bubrežnog kamenaca. Takođe, postoji veza između povišenog krvnog pritiska i povećanog unosa soli (*Filipčev, 2009*).

Nakon procesa osmotske dehidratacije povećao se sadržaj Na u svim uzorcima mesa ribe (tabele 4.10, 4.13. i 4.16.). Najveći sadržaj Na postignut je dehidratacijom u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> i iznosio je  $0,851 \pm 0,003$  g/100g<sub>p.u</sub> (početnog uzorka).. Maksimalne vrednosti za osmotske rastvore OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> bile su  $0,267 \pm 0,001$  g/100g<sub>p.u</sub>. i  $0,600 \pm 0,006$  g/100g<sub>p.u</sub>.

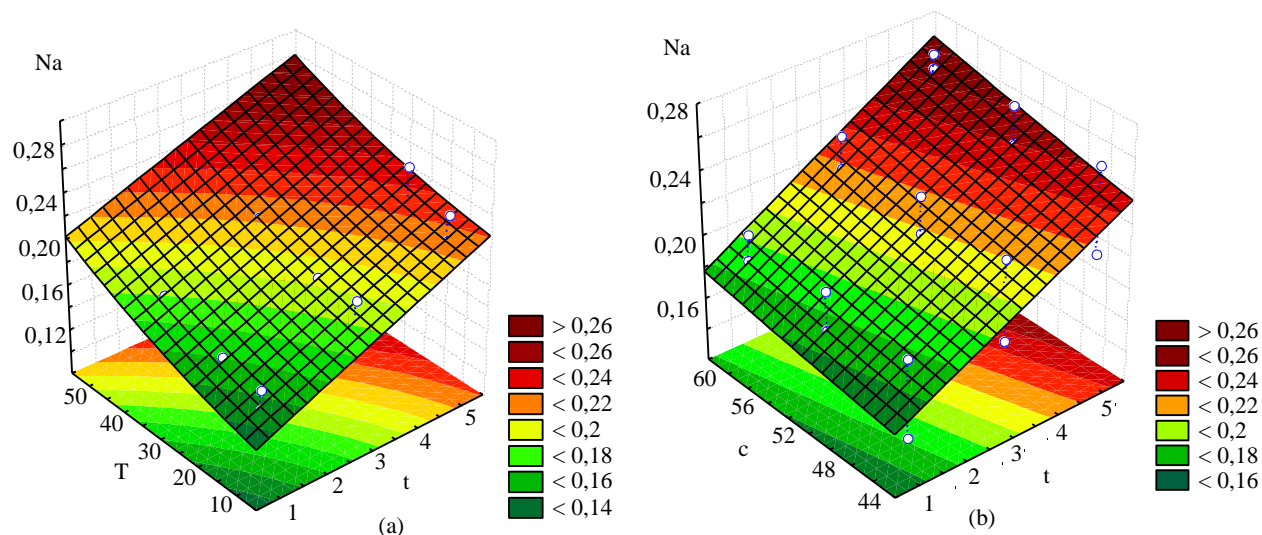
Za sva tri osmotska rastvora, najveće vrednosti sadržaja Na postignute su nakon 5 časova osmotske dehidratacije, pri najvišim radnim temperaturama ( $t=50^{\circ}\text{C}$ ) i u najvećim koncentracijama osmotskih rastvora (OR<sub>1</sub>=60% s.m., OR<sub>2</sub>=70% s.m., OR<sub>3</sub>=80% s.m.).

Na slikama 4.13.,a i 4.13.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i vremena trajanja procesa na sadržaj natrijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.

Porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećala se i vrednost sadržaja Na u mesu ribe. (slika 4.13.a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub>, pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja osmotske dehidratacije, povećavala se i vrednost sadržaja Na u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.13. b).





**Slika 4.13.** Zavisnost sadržaja natrijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> koncentracije 60% s.m.

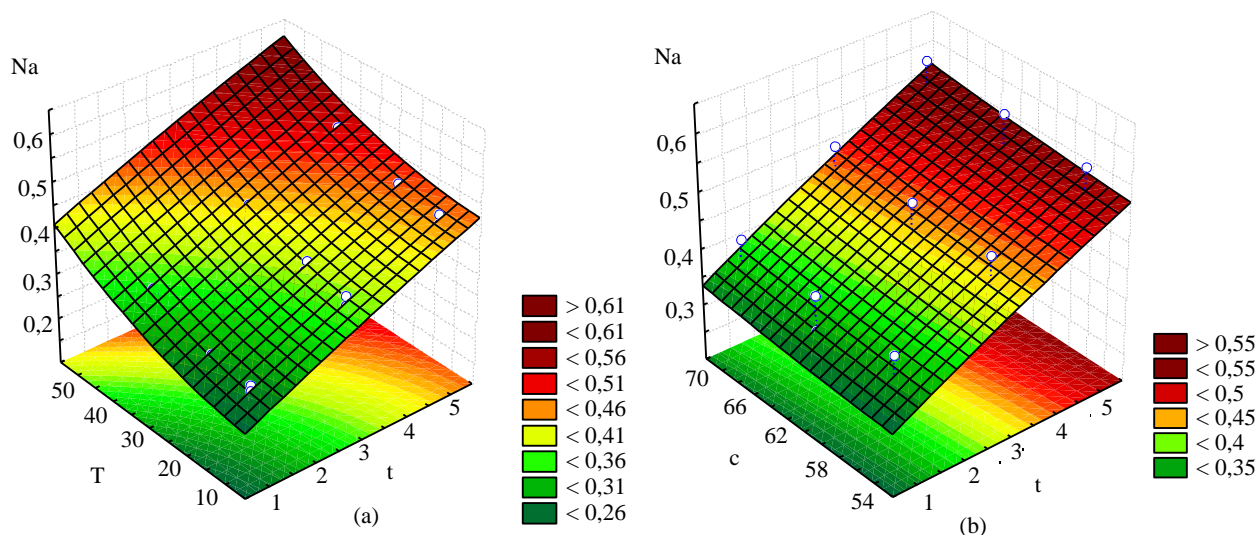
b) koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja Na u uzorcima mesa ribe (slika 4.13. a,b).

Povećavanje vrednosti tehnoloških parametara (t, T i c) dovelo je do intenziviranja prenosa rastvorenih supstanci iz osmotskog rastvora u uzorake mesa ribe povećavajući tako sadržaj Na.

Na slikama 4.14.,a i 4.14.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena trajanja procesa na sadržaj natrijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.

Kao i u slučaju osmotske dehidracije ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>, porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost sadržaja Na u uzorcima osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.14. a).



**Slika 4.14.** Zavisnost sadržaja natrijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

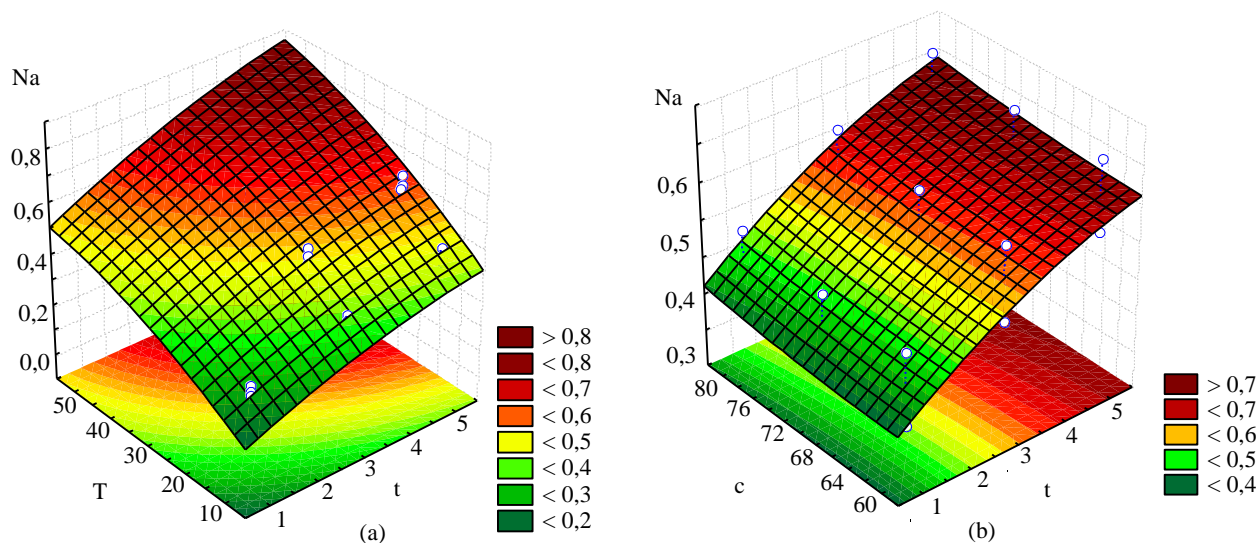
Porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, kao i za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>, pri konstantnoj temperaturi tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se i vrednost sadržaja Na u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.14. b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja Na u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša (slika 4.14. a,b).

Uočava se da su veće vrednosti sadržaja Na postignute pri osmotskoj dehidrataciji u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> u poređenju sa osmotskim rastvorom OR<sub>1</sub>, pri istim tehnološkim parametrima.

Vrednosti sadržaja Na u osmotski dehidriranom mesu ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>1</sub> su iznosile: 0,237±0,003 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,258±0,044 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,242±0,003 g/100g<sub>p.u.</sub> i 0,267±0,001 g/100g<sub>p.u.</sub>, (tabela 4.10.), dok su za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> iznosile: 0,343±0,004 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,487±0,020 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,528±0,001 g/100g<sub>p.u.</sub> i 0,600±0,006 g/100g<sub>p.u.</sub>, (tabela 4.13).

Na slikama 4.15.,a i 4.15.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena trajanja procesa na sadržaj natrijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.15.** Zavisnost sadržaja natrijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od  $35^{\circ}C$ .

Kao i u prethodnim primerima osmotske dehidratacije mesa srebrnog karaša u rastvorima  $OR_1$  i  $OR_2$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , tokom vremena trajanja procesa, povećavala se vrednost sadržaja Na u uzorcima mesa ribe (slika 4.15 a).

Takođe, porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , kao i kod osmotskih rastvora  $OR_1$  i  $OR_2$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja Na u uzorcima mesa ribe (slika 4.15 b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i temperature procesa, kao i za prethodna dva rastvora, povećavala se vrednost sadržaja Na u uzorcima mesa ribe (slika 4.15 a, b).

Poređenjem dobijenih vrednosti sadržaja Na pri istim tehnološkim parametrima za sva tri osmotska rastvora, uočava se da su najveće vrednosti postignute su pri osmotskoj dehidrataciji mesa ribe u osmotskom rastvoru  $OR_3$ .

Vrednosti sadržaja Na u dehidriranim uzorcima mesa srebrnog karaša pri maksimalnoj koncentraciji rastvora i nakon petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> iznosile su: 0,045±0,007 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,688±0,047 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,751±0,006 g/100g<sub>p.u.</sub> i 0,851±0,003 g/100g<sub>p.u.</sub> (tabela 4.16.).

#### 4.1.2.4. Promena sadržaja kalijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Kalijum sa natrijumom učestvuje u regulisanju normalnog osmotskog pritiska ćelija. Izuzetno je bitna ravnoteža između unosa natrijuma i kalijuma. Previsok unos natrijuma iscrpljuje zalihe kalijuma.

Oko 98% od ukupne količine kalijuma je prisutno u tečnostima izvan ćelija i utiče na neuromuskulatornu aktivnost. Kalijum u velikoj meri utiče na aktivnost srčanog mišića, pri tome je antagonist kalcijumu.

Kalijum je kofaktor mnogih enzima i neophodan je u sintezi insulina u pankreasu, fosforilaciju kreatinina i metabolizmu ugljenih hidrata kao i sintezi proteina. Kalijum ima i druge veoma važne uloge u organizmu: glavni je neorganski pufer, reguliše osmotski pritisak u ćeliji kao glavni intracelularni katjon i određuje potencijal mirovanja i doprinosi nastanku neuromišićne razdražljivosti (*Nikolić i Dorđević, 2009; Filipčev, 2009*).

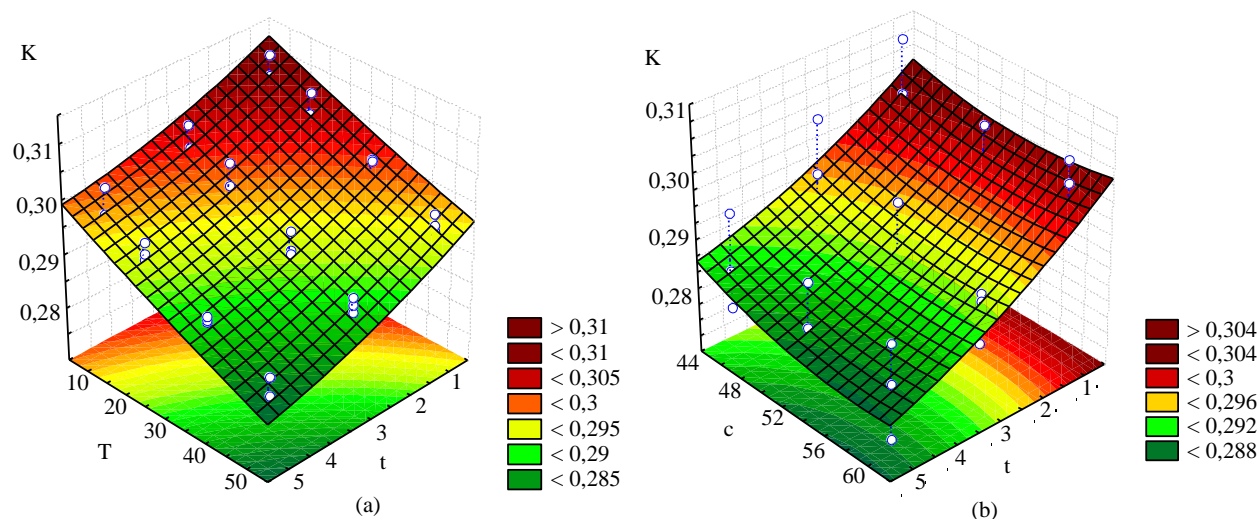
Nedostatak kalijuma u organizmu izaziva brz i nepravilan rad srca, povišen krvni pritisak, slabost mišića, paralizu, mučninu i stomachne tegobe. Dnevne potrebe za unosom kalijuma su oko 2g za odraslog čoveka (*Filipčev, 2009*).

Nakon procesa osmotske dehidratacije povećao se sadržaj K u svim uzorcima mesa ribe dehidriranim u osmotskim rastvorima OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, dok je u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> došlo do smanjenja sadržaja K (tabele 4.10, 4.13. i 4.16.).

Najveći sadržaj K postignut je dehidratacijom u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> i iznosio je 1,295±0,009 g/100g<sub>p.u.</sub>. Maksimalna vrednost sadržaja K za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> bila je 0,790±0,006 g/100g<sub>p.u.</sub>. Najmanja vrednost sadržaja K u uzorcima ribe dehidriranim u OR<sub>1</sub>, iznosila je 0,281±0,002 g/100g<sub>p.u.</sub>. Ove vrednosti sadržaja K za sva tri osmotska rastvora postignute su pri najvišoj temperaturi, najdužem vremenu i najvećoj koncentraciji osmotskog rastvora.

Za drugačiji uticaj procesa u OR<sub>1</sub> na sadržaja K, u mesu ribe, odgovoran je hemijski sastav osmotskog rastvora (saharoza i NaCl).

Na slici 4.16. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena trajanja procesa na sadržaj kalijuma u osmotski tretiranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.16.** Zavisnost sadržaja kalijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Porastom temperature procesa pri konstantnoj koncentraciji osmotskog rastvora, tokom vremena trajanja procesa smanjivala se i vrednost sadržaja K u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.16. a).

Takođe, porast koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi tokom vremena trajanja procesa dehidratacije, uticao je na smanjenje vrednosti sadržaja K u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.16. b).

Duže vremene trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i temperature procesa, isto je uticalo na smanjenje vrednosti sadržaja K u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.16. a, b).

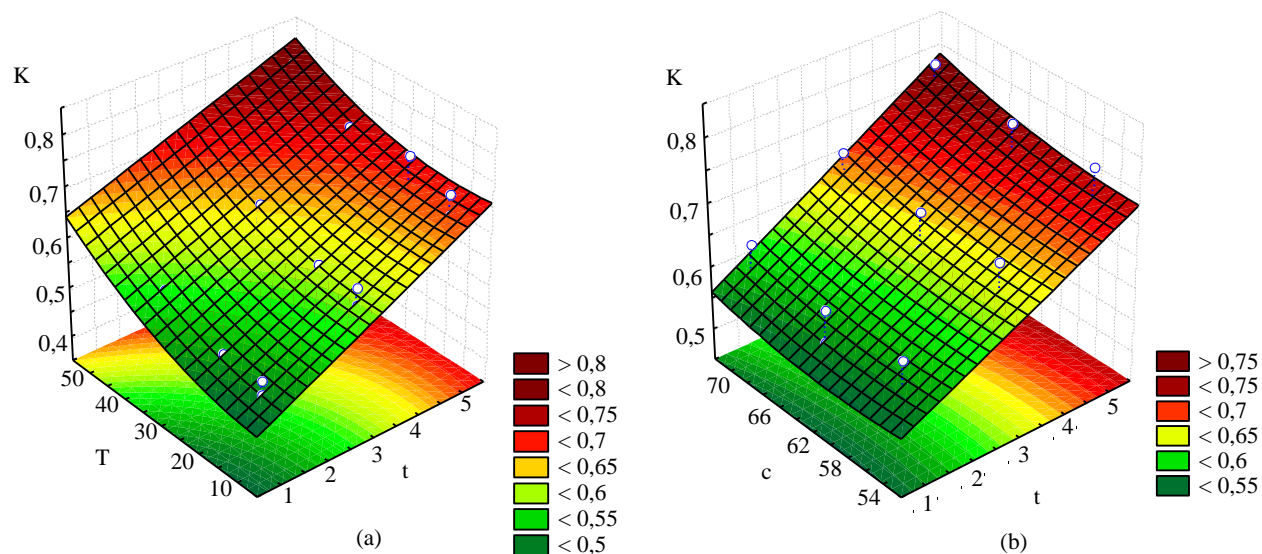
Povećavanje vrednosti tehnoloških parametara (T, t i c) uslovalo je pojačan prenos vode i rastvorenih materija iz uzorka mesa ribe u osmotski rastvor i tako uticalo na smanjenje sadržaja K u uzorcima. U osmotskom rastvoru  $OR_1$ , gotovo da nije postojao K, koji bi osmotskim putem mogao preći u meso ribe.

Vrednost sadržaja K u svežem mesu ribe iznosila je  $0,320 \pm 0,002$  g/100g p.u. Pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C,



35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>1</sub> su iznosile: 0,295±0,002 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,293±0,002 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,287±0,005 g/100g<sub>p.u.</sub> i 0,281±0,002 g/100g<sub>p.u.</sub>

Na slici 4.17. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena trajanja procesa na sadržaj kalijuma u osmotski tretiranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.17.** Zavisnost sadržaja kalijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

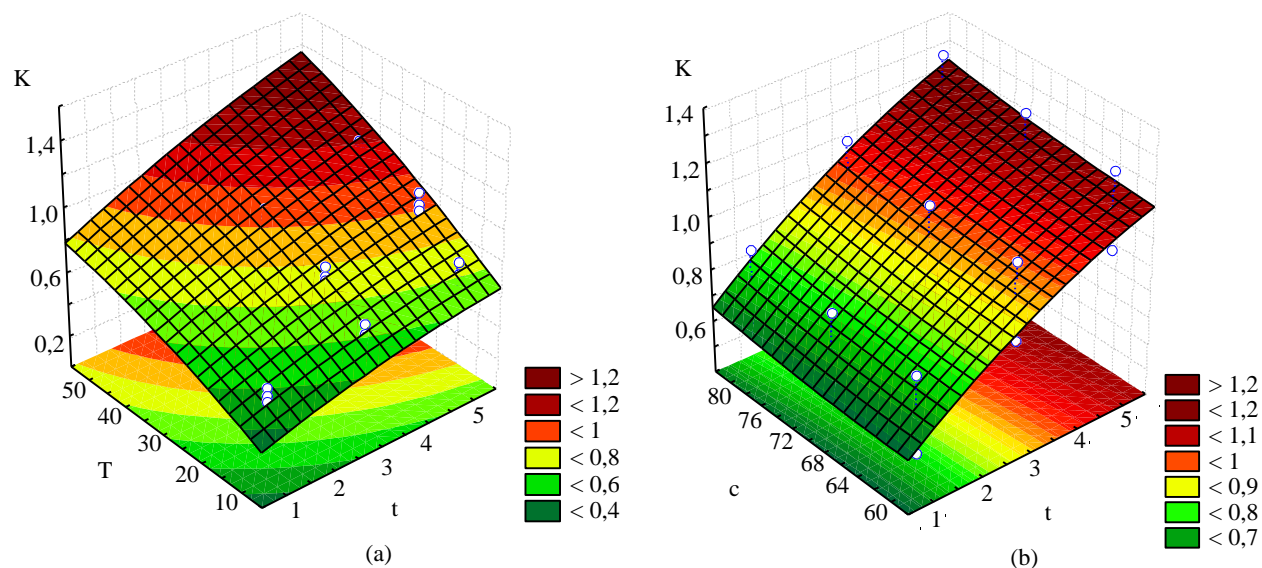
- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70 % s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Suprotno osmotskoj dehidraciji ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>, porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost sadržaja K u uzorcima osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.17. a).

Za razliku od OR<sub>1</sub>, porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost sadržaja K u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.17. b).

Takođe, produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja K u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša (slika 4.17. a,b).

Na slici 4.18. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena trajanja procesa na sadržaj kalijuma u osmotski tretiranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.18.** Zavisnost sadržaja kalijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80 % s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Kao i kod osmotske dehidratacije mesa srebrnog karaša u rastvoru  $OR_2$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , tokom vremena trajanja procesa, povećavala se vrednost sadržaja K u uzorcima mesa ribe (slika 4.18 a).

Takođe, porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , kao i kod osmotskog rastvora  $OR_2$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja K u uzorcima mesa ribe (slika 4.18 b).

Isti trend uticaja imao je i produžetak vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i temperature procesa, kao i za prethodni rastvor, povećavala se vrednost sadržaja K u uzorcima mesa ribe (slika 4.18 a, b).

Poređenjem dobijenih vrednosti sadržaja K pri istim tehnološkim parametrima za  $OR_2$  i  $OR_3$ , uočava se da su veće vrednosti postignute su pri osmotskoj dehidrataciji mesa ribe u osmotskom rastvoru  $OR_3$ .

Vrednosti sadržaja K u osmotski tretiranom mesu ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> su iznosile: 0,486±0,018 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,745±0,076 g/100g<sub>p.u.</sub>, 0,732±0,005 g/100g<sub>p.u.</sub> i 0,790±0,006 g/100g<sub>p.u.</sub>, (tabela 4.13.), dok su za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> iznosile: 0,677±0,005 g/100g<sub>p.u.</sub>, 1,064±0,081 g/100g<sub>p.u.</sub>, 1,156±0,009 g/100g<sub>p.u.</sub> i 1,295±0,009 g/100g<sub>p.u.</sub>, (tabela 4.16).

#### 4.1.2.5. Promena sadržaja kalcijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Kao najzastupljeniji mineral u ljudskom organizmu, kalcijum daje čvrstoću skeletu i veoma je važna komponenta u održavanju strukture ćelije.

Kalcijum učestvuje kontrakciji skeletnih mišića i srca, krvnih sudova, nerava, koagulaciji krvi, u oslobađanju i sinteza hormona. Takođe, kalcijum ima ulogu koenzima u metaboličkim procesima i sintezi enzima potrebnih za proces varenja.

Nedovoljan unos kalcijuma može uzrokovati osteomalaciju i osteoporozu, bolesti zuba, gubitak apetita, sporo zarastanje rana, srčanu palpitaciju, mišićne grčeve, nesanicu i iritabilnosti. Preporučena dnevna doza kalcijuma je oko 1g (*Filipčev, 2009; Krstić, 2013*).

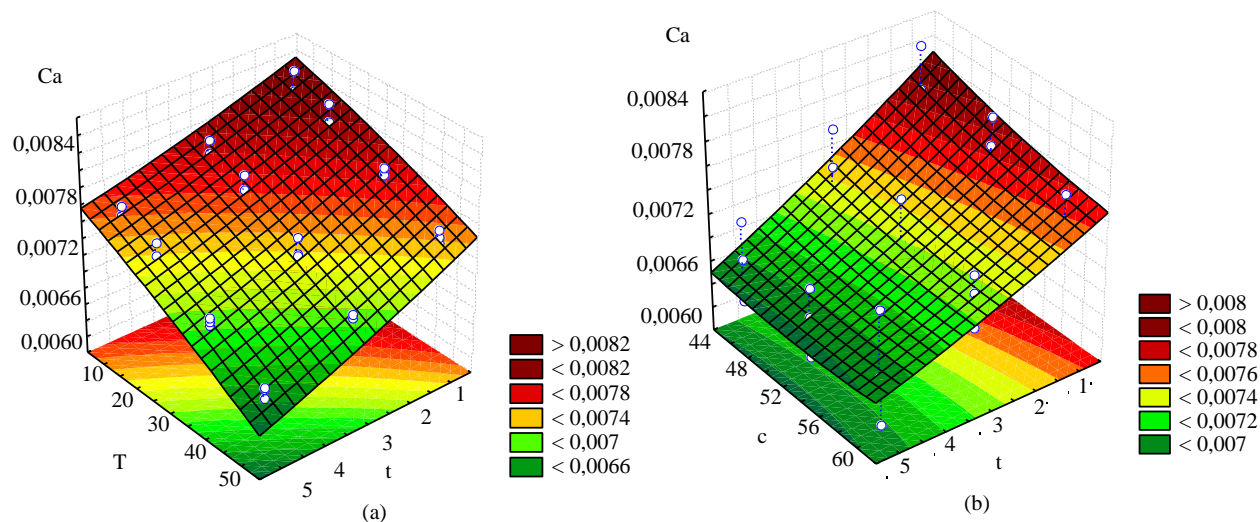
Procesom osmotske dehidratacije povećao se sadržaj Ca u svim uzorcima mesa ribe dehidriranim u osmotskim rastvorima OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, dok se u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> sadržaja Ca smanjio (tabele 4.10, 4.13. i 4.16.).

Najveći sadržaj Ca postignut je dehidratacijom u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> i iznosio je 0,094±0,001 g/100g<sub>(p.u.)</sub>. Maksimalna vrednost sadržaja Ca za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> bila je 0,040±0,005 g/100g<sub>p.u.</sub> Najmanja vrednost sadržaja Ca u uzorcima ribe dehidriranim u OR<sub>1</sub>, iznosila je 0,00747±0,00009 g/100g<sub>p.u.</sub> Ove vrednosti sadržaja Ca za sva tri osmotska rastvora postignute su pri najvišoj temperaturi, najdužem vremenu i najvećoj koncentraciji osmotskog rastvora.

Za drugačiji uticaj procesa dehidratacije u OR<sub>1</sub> na sadržaja Ca, u mesu ribe, odgovoran je hemijski sastav osmotskog rastvora (saharoza i NaCl).

Na slikama 4.19.,a i 4.19.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>1</sub> i vremena trajanja procesa na sadržaj kalcijuma u osmotski tretiranom mesu srebrnog karaša.





**Slika 4.19.** Zavisnost sadržaja kalcijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:  
 a) temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.  
 b) koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Porastom temperature procesa pri konstantnoj koncentraciji osmotskog rastvora, tokom vremena trajanja procesa smanjivala se i vrednost sadržaja Ca u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.19. a).

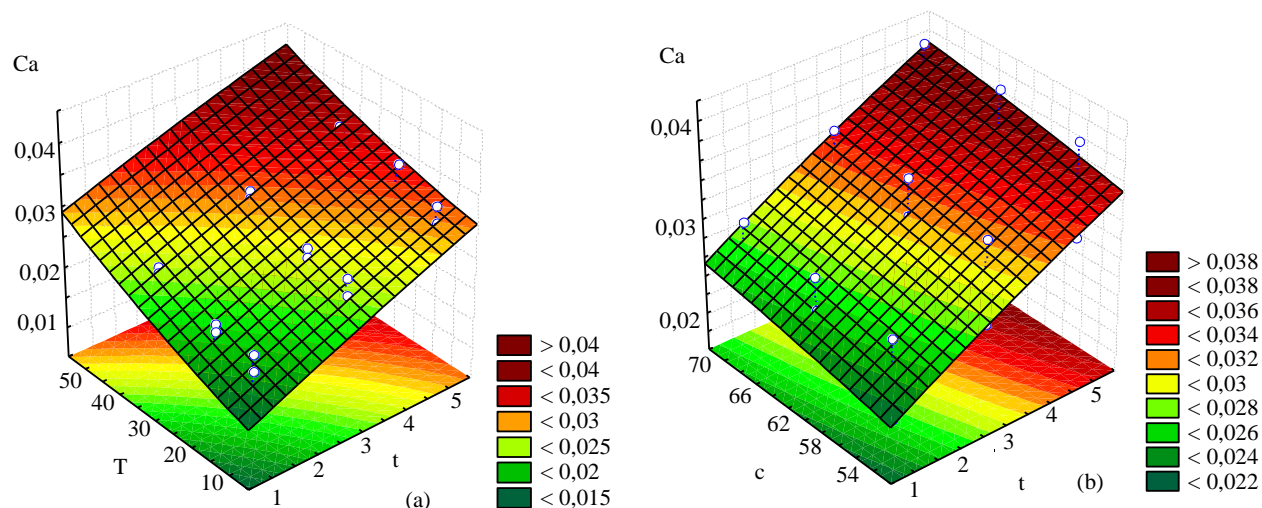
Takođe, porast koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi tokom vremena trajanja procesa, uticao je na smanjenje vrednosti sadržaja Ca u osmotski tretiranom mesu ribe (slika 4.19. b).

Duže vremene trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i temperature procesa, isto je uticalo na smanjenje vrednosti sadržaja Ca u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.19. a, b).

Kao i kod sadržaja K, povećavanje vrednosti tehnoloških parametara (T, t i c) uslovalo je pojačan prenos vode i rastvorenih materija iz uzorka mesa ribe u osmotski rastvor i tako uticalo na smanjenje sadržaja Ca u uzorcima. U osmotskom rastvoru  $OR_1$ , gotovo da nije postojao Ca (samo Ca koji ulazi u hemijski sastav vode), koji bi osmotskim putem mogao preći u meso ribe.

Vrednost sadržaja Ca u svežem mesu ribe bila je  $0,00899 \pm 0,00005$  g/100g<sub>p.u.</sub>. Pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor  $OR_1$  vrednosti Ca iznosile su:  $0,00747 \pm 0,00033$  g/100g<sub>p.u.</sub>,  $0,00688 \pm 0,00004$  g/100g<sub>p.u.</sub>,  $0,00656 \pm 0,00003$  g/100g<sub>p.u.</sub> i  $0,00747 \pm 0,00009$  g/100g<sub>p.u.</sub>

Na slikama 4.20.,a i 4.20.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena trajanja procesa na sadržaj kalcijuma u osmotski tretiranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.20.** Zavisnost sadržaja kalcijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

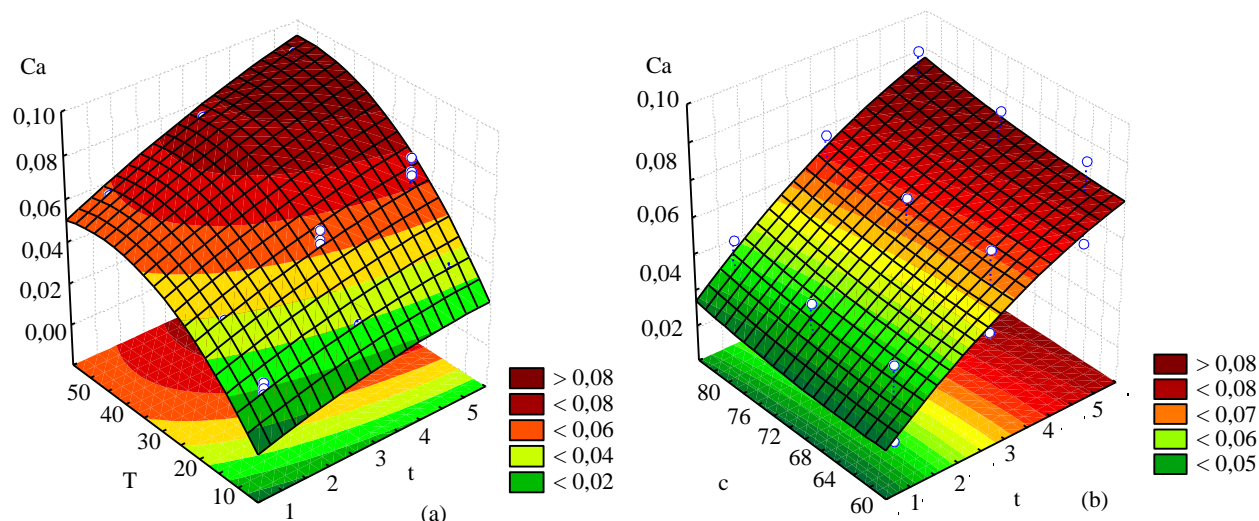
- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_2$  koncentracije 70% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Kao i kod sadržaja K, (suprotno osmotskoj dehidrataciji ribe u osmotskom rastvoru  $OR_1$ ), porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja Ca u uzorcima osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.20. a).

Za razliku od  $OR_1$ , porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja Ca u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.20. b).

Takođe, produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_2$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja Ca u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša (slika 4.20. a,b).

Na slikama 4.21.,a i 4.21.,b prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena trajanja procesa na sadržaj kalcijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.21.** Zavisnost sadržaja kalcijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od  $35^{\circ}C$ .

Kao i za uzorake mesa ribe dehidrirane u osmotskom rastvoru  $OR_2$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja Ca u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.21. a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , kao i kod osmotskog rastvora  $OR_2$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećala se i vrednost sadržaja Ca osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.21. b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja Ca osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša (slika 4.21.a,b).

Poređenjem vrednosti sadržaja Ca dobijenih dehidratacijom mesa ribe u  $OR_3$  sa vrednostima dobijenim dehidratacijom u  $OR_2$  započinje se da su postignute veće vrednosti

parametra sadržaja Ca, pri osmotskoj dehidraciji u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> pri istim tehnološkim parametrima.

Vrednosti sadržaja Ca dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> iznosile su: 0,019±0,011 g/100g p.u., 0,035±0,005 g/100g p.u., 0,036±0,004 g/100g p.u. i 0,040±0,005 g/100g p.u., (tabela 4.13.), dok su za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> iznosile: 0,030±0,001 g/100g p.u., 0,076±0,005 g/100g p.u., 0,084±0,001 g/100g p.u. i 0,094±0,001 g/100g p.u., (tabela 4.16).

#### 4.1.2.6. Promena sadržaja magnezijuma u uzorcima osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Magnezijum je esencijalni element i kofaktor mnogih enzimskih reakcija. Neophodan je u sintezi proteina, nukleinskih i masnih kiselina, kao i u procesima proizvodnje energije. Magnezijum ima više uloga u metabolizmu ćelije i procesima deobe ćelije. Takođe, magnezijum reguliše kretanje kalijuma u ćelijama srca i interaguje sa kalcijumom u regulisanju rada krvnih sudova i mišića. Bitan je element u metabolizmu i delovanju vitamina D, esencijalan je u procesu sinteze i sekrecije hormona paratiroidne žlezde i uključen u prenosu nervnog impulsa.

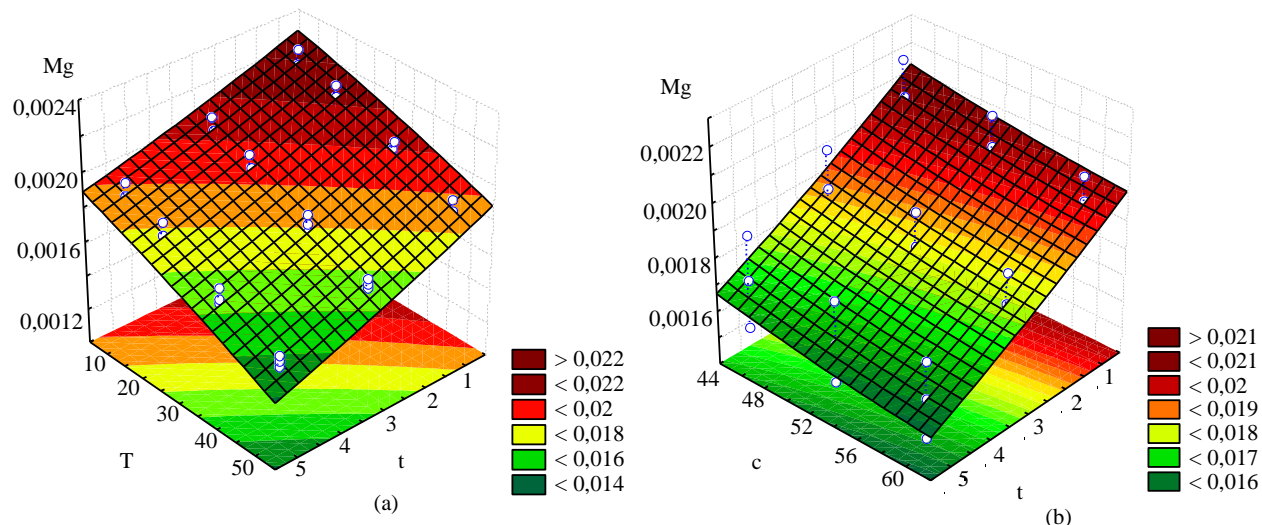
Pokazatelji nedostatka magnezijuma mogu biti: poremećaji kardiovaskularnog, centralnog nervnog i gastrointestinalnog sistema kao i skeleta. Preporučena dnevna doza magnezijuma je od 300 do 420 mg (*Filipčev, 2009; Trajković, 2013*).

Procesom osmotske dehidracije povećao se sadržaj Mg u svim uzorcima mesa ribe dehidriranim u osmotskim rastvorima OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, dok se u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> sadržaj Mg smanjio (tabele 4.10, 4.13. i 4.16.).

Najveći sadržaj Mg postignut je dehidracijom u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> i iznosio je 0,053±0,005 g/100g p.u.. Maksimalna vrednost sadržaja Mg za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> bila je 0,038±0,005 g/100g p.u.. Najmanja vrednost sadržaja Mg u uzorcima ribe dehidriranim u OR<sub>1</sub>, iznosila je 0,015±0,004 g/100g p.u.. Ove vrednosti sadržaja Mg za sva tri osmotska rastvora postignute su pri najvišoj temperaturi, najdužem vremenu i najvećoj koncentraciji osmotskog rastvora.

Za drugačiji uticaj procesa dehidracije u OR<sub>1</sub> na sadržaja Mg, u mesu ribe, odgovoran je hemijski sastav osmotskog rastvora (saharoza i NaCl).

Na slici 4.22. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena trajanja procesa na sadržaj magnezijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.22.** Zavisnost sadržaja magnezijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_1$  koncentracije 60% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Porastom temperature procesa pri konstantnoj koncentraciji osmotskog rastvora, tokom vremena trajanja procesa smanjivala se i vrednost sadržaja Mg u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.22. a).

Takođe, porast koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$ , pri konstantnoj temperaturi tokom vremena trajanja procesa dehidratacije, uticao je na smanjenje vrednosti sadržaja Mg u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.22. b).

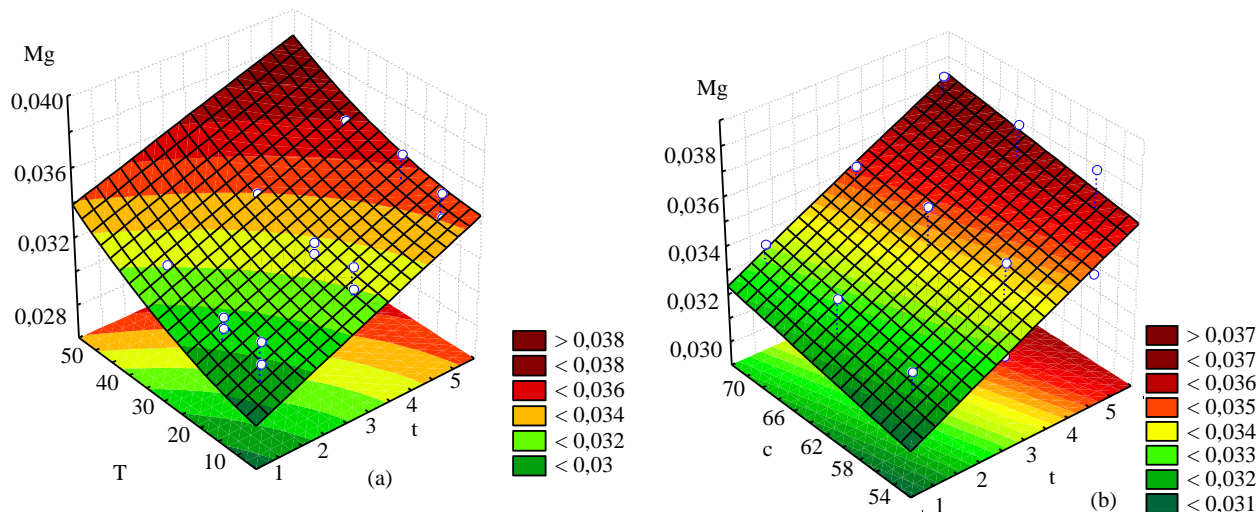
Duže vremene trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_1$  i temperature procesa, isto je uticalo na smanjenje vrednosti sadržaja Mg u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.22. a, b).

Kao i kod sadržaja K i Ca, povećavanje vrednosti tehnoloških parametara (T, t i C) uslovilo je pojačan prenos vode i rastvorenih materija iz uzorka mesa ribe u osmotski rastvor i tako uticalo na smanjenje sadržaja Mg u dehidriranom mesu ribe. U osmotskom rastvoru  $OR_1$ , skoro da nije postojao Mg (osim onog u vodi), koji bi osmotskim putem mogao preći u testirane uzorke.



Vrednost sadržaja Mg u svežem mesu ribe iznosila je  $0,026 \pm 0,002$  g/100g<sub>p.u.</sub>. Pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>1</sub> su iznosile:  $0,018 \pm 0,008$  g/100g<sub>p.u.</sub>,  $0,017 \pm 0,007$  g/100g<sub>p.u.</sub>,  $0,016 \pm 0,001$  g/100g<sub>p.u.</sub> i  $0,015 \pm 0,004$  g/100g<sub>p.u.</sub>

Na slici 4.23. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena trajanja procesa na sadržaj magnezijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.23.** Zavisnost sadržaja magnezijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

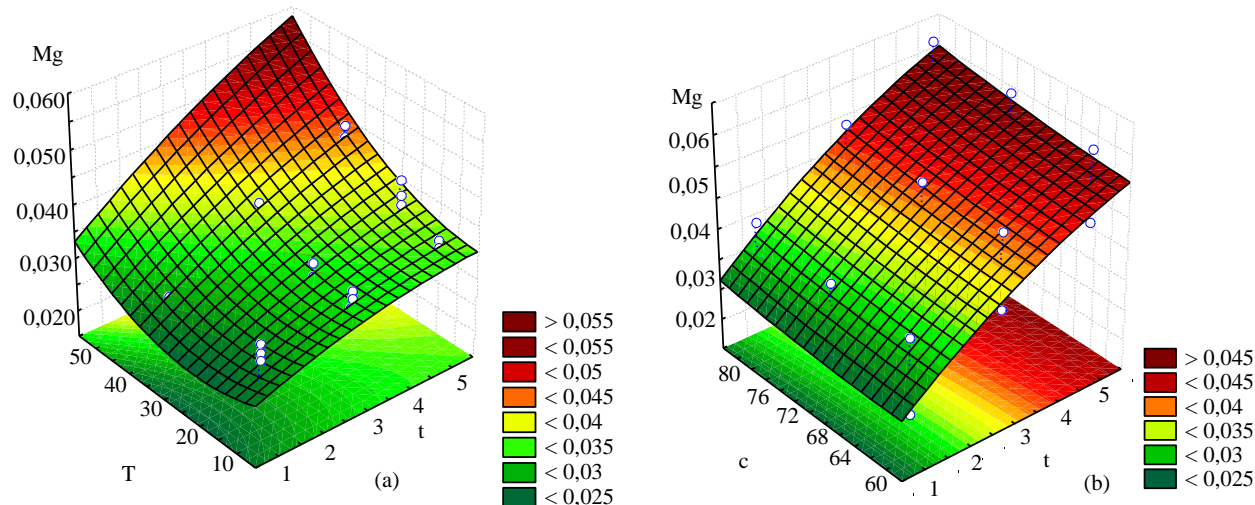
- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> koncentracije 70% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Kao i kod sadržaja K i Ca, (suprotno osmotskoj dehidraciji ribe u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub>), porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost sadržaja Mg u uzorcima osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.23. a).

Za razliku od OR<sub>1</sub>, porastom koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>, pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, povećavala se vrednost sadržaja Mg u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.23. b).

Takođe, produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidracije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja Mg u osmotski tretiranom mesu srebrnog karaša (slika 4.23. a,b).

Na slici 4.24. prikazani su uticaji tehnoloških parametara temperature, koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena trajanja procesa na sadržaj magnezijuma u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.24.** Zavisnost sadržaja magnezijuma u osmotski dehidriranim uzorcima mesa ribe od:

- temperature i vremena imerzije u osmotskom rastvoru  $OR_3$  koncentracije 80% s.m.
- koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i vremena imerzije, pri temperaturi procesa od 35°C.

Kao i za uzorake mesa ribe dehidrirane u osmotskom rastvoru  $OR_2$ , porastom temperature procesa pri konstantnim vrednostima koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećavala se vrednost sadržaja Mg u osmotski dehidriranom mesu ribe (slika 4.24. a).

Porastom koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$ , kao i kod osmotskog rastvora  $OR_2$ , pri konstantnoj temperaturi, tokom vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, povećala se i vrednost sadržaja Mg osmotski dehidriranog mesa ribe (slika 4.24. b).

Produžavanjem vremena trajanja procesa osmotske dehidratacije, pri konstantnim vrednostima tehnoloških parametara koncentracije osmotskog rastvora  $OR_3$  i temperature procesa, povećavala se i vrednost sadržaja Mg osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša (slika 4.24.a,b).

Poređenjem vrednosti sadržaja Mg dobijenih dehidratacijom mesa ribe u  $OR_3$  sa vrednostima dobijenim dehidratacijom u  $OR_2$  zapaža se da su postignute veće vrednosti

parametra sadržaja Mg, pri osmotskoj dehidraciji u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> pri istim tehnološkim parametrima.

Vrednosti sadržaja Mg dehidriranog mesa ribe pri maksimalnoj koncentraciji i na kraju petočasnog procesa na temperaturama od 10°C, 20°C, 35°C i 50°C, za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> iznosile su: 0,026±0,014 g/100g p.u., 0,036±0,001 g/100g p.u., 0,037±0,002 g/100g p.u. i 0,038±0,005 g/100g p.u., (tabela 4.13.), dok su za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> iznosile: 0,034±0,001 g/100g p.u., 0,044±0,003 g/100g p.u., 0,048±0,001 g/100g p.u. i 0,053±0,005 g/100g p.u., (tabela 4.16).

Sadržaj svih ispitivanih minerala (Na, K, Ca i Mg) povećao se u uzorcima treriranim u osmotskim rastvorima koji sadrže melasu šećerne repe. Melasa kao multikomponenti sistem bogata je mineralnim materijama (tabela 3.1.) koje su osmotskim putem prešle u uzorke i na taj način nutritivno obogatile meso ribe.



#### 4.1.3. Analiza glavnih komponentata (PCA analiza)

Analiza glavnih komponentata, kao ortogonalna transformacija, primenjena je za prikazivanje i grupisanje rezultata (praćenjem mogućih korelacija među grupama podataka) u faktorskoj ravni na osnovu rezultata eksperimentalnih merenja.

Tačke prikazane u PCA grafiku, koje su geometrijski blizu jedne drugima ukazuju na sličnost uzoraka koje te tačke predstavljaju (na osnovu eksperimentalnih merenja). Ukoliko glavne komponente pokrivaju veći deo ukupne varijanse, onda su i merene vrednosti iz eksperimentalnih merenja slične za geometrijski bliske tačke na PCA dijagramu. Usmerenost vektora koji opisuju promenljivu u faktorskom dijagramu ukazuje na trend porasta te promenljive, a dužina vektora je proporcionalna kvadratnoj vrednosti korelacije između fitovanih vrednosti za promenljivu i same promenljive.

Primenom PCA metode, uzorci osmotski tretirane ribe mogu da se identifikuju na osnovu kvaliteta dobijenog poluproizvoda, pa ovakav pristup, koji podrazumeva međuzavisnosti između promenljivih, omogućava razlikovanje uzoraka dobijenih pri različitim procesnim parametrima.

Doprinos promenljivih WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg na izračunavanje faktorskih koordinata za osmotsku dehidrataciju u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> prikazan je u tabeli 4.19. Na izračunavanje faktorske koordinate 1 najviše su uticale WL, SG, DM, Na, K, Ca i Mg (približno isto), dok je  $a_w$  najviše uticao na izračunavanje druge faktorske koordinate.

**Tabela 4.19.** PCA analiza doprinosa promenljivih za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>

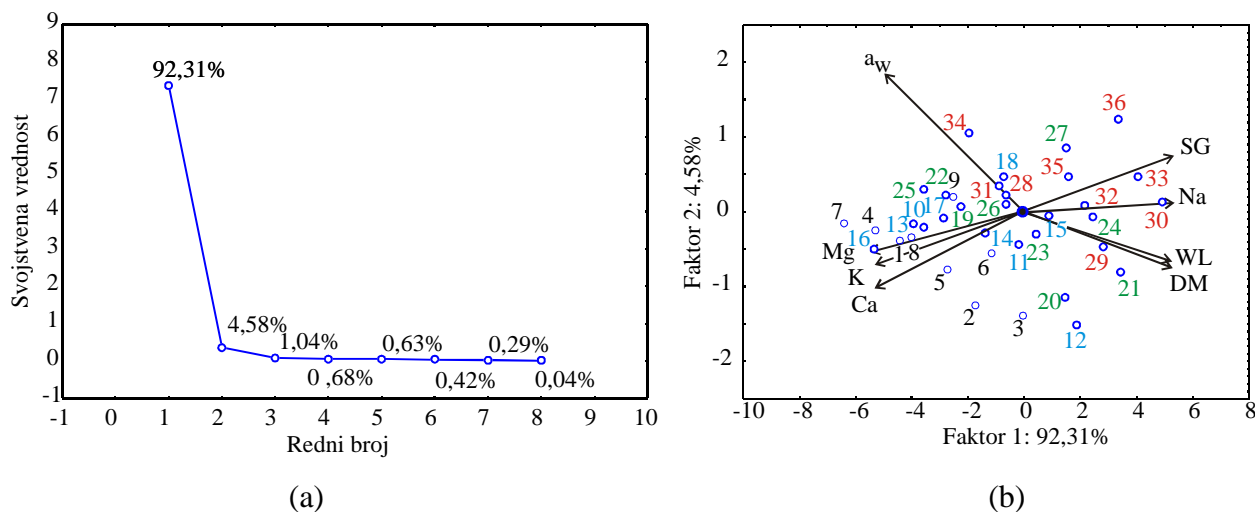
	WL	SG	$a_w$	DM	Na	K	Ca	Mg
Faktor 1	<b>0,125132</b>	<b>0,127875</b>	0,108341	<b>0,125121</b>	<b>0,129910</b>	<b>0,126630</b>	<b>0,124897</b>	<b>0,132093</b>
Faktor 2	0,073768	0,070924	<b>0,475107</b>	0,089561	0,001133	0,076560	0,165385	0,047562

Grafičko prikazivanje trendova u procesu osmotskog tretmana i uočavanje različitosti između uzoraka predstavljeno je u prvoj faktorskoj ravni (faktorske koordinate 1 i 2), na osnovu primenjene analize glavnih komponentata (Slika 4.25 a,b.).

Sa slike 4.25.a. uočava se da prve dve faktorske koordinate prikazuju 96,89% ukupne varijabilnosti, što se smatra dovoljnim za prikaz celokupne varijabilnosti procesa.

Na slici 4.25.b. je prikazan raspored polova (promenljivih) i uzoraka u faktorskoj ravni. U smeru rasta polova, rastu i merene vrednosti datih promenljivih, za određene uzorke. Tako,

uzorak 21 ima veći sadržaj Na, a uzorak 7 ima veći sadržaj Mg. Uzorak 25 ima povećanu  $a_w$  vrednost, dok uzorci 3 i 12 imaju smanjenu  $a_w$  vrednost. Uzorci na desnoj strani grafika imaju veće WL, SG i DM, kao i veći sadržaj Na, a uzorci na levoj strani grafika imaju povećane sadržaje K, Ca i Mg. Uzorci na levom gornjem delu grafika imaju povećanu vrednost  $a_w$ , a uzorci čiji je položaj na suprot od pola  $a_w$  imaju manje vrednosti  $a_w$ .



**Slika 4.25.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidraciju u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> na osnovu PCA:

- varijabilnost faktorskih koordinata
- raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

Osmotskom dehidracijom u OR<sub>1</sub> dolazi do povećanja WL, DM, SG i Na, a smanjuje se  $a_w$  vrednost i sadržaj K, Ca i Mg u uzorcima mesa ribe.

Doprinos promenljivih WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg na izračunavanje faktorskih koordinata za osmotsku dehidraciju u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> prikazan je u tabeli 4.20. Kao i za osmotski rastvor OR<sub>1</sub> na izračunavanje faktorske koordinate 1 najviše su uticale sve promenljive osim  $a_w$  vrednosti, a ona je najviše uticala na izračunavanje druge faktorske koordinate.

**Tabela 4.20.** PCA analiza doprinosa promenljivih za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>

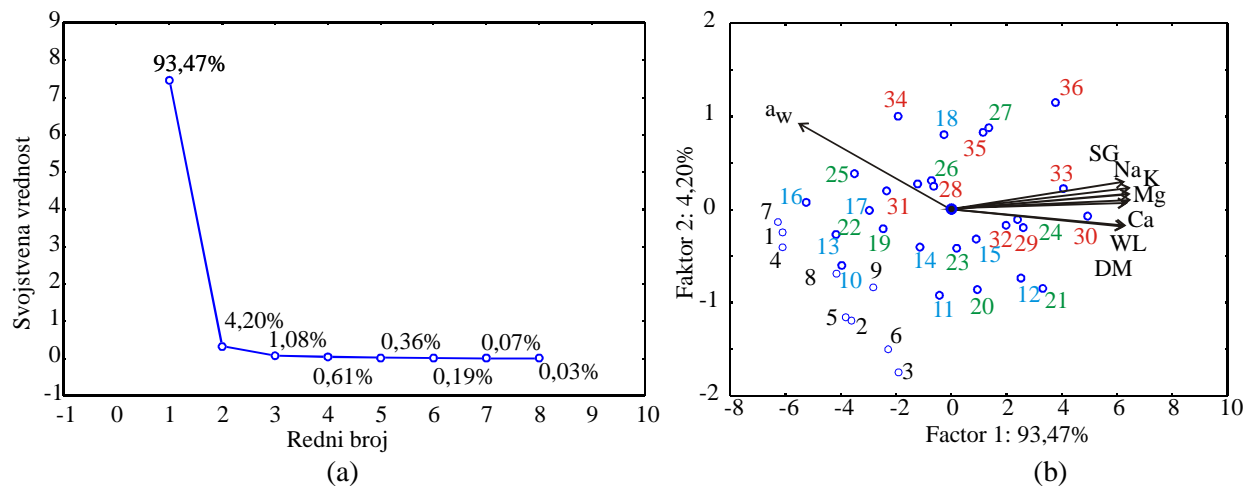
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
Faktor 1	<b>0,126430</b>	<b>0,125922</b>	0,098911	<b>0,127709</b>	<b>0,130178</b>	<b>0,130231</b>	<b>0,131182</b>	<b>0,129436</b>
Faktor 2	0,013197	0,096411	<b>0,748517</b>	0,013797	0,062907	0,037938	0,015978	0,011256

Kao i za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>, na osnovu primenjene PCA, u prvoj faktorskoj ravni je grafički predstavljen tok trendova osmotskog tretmana u rastvoru OR<sub>2</sub> kako bi se preglednije prikazale različitosti između uzoraka (Slika 4.26 a,b.).

Sa slike 4.26.a. uočava se da prve dve faktorske koordinate prikazuju 97,67% ukupne varijabilnosti, što je dovoljno za prikaz celokupne varijabilnosti.

Na slici 4.26.b. je prikazan raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni. za OR<sub>2</sub>. U smeru rasta polova, rastu i merene vrednosti datih promenljivih, za određene uzorke.

Uzorci na desnoj strani grafika imaju veće vrednosti WL, SG i DM, i povećane sadržaje K, Ca, Mg i Na, a uzorci na levoj strani grafika imaju povećane a<sub>w</sub> vrednosti. Osmotska dehidracija u rastvoru OR<sub>2</sub> dovela je do smanjenja a<sub>w</sub> vrednosti i povećanja svih drugih posmatranih odziva u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.



**Slika 4.26.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidraciju u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> na osnovu PCA:

- varijabilnost faktorskih kordinata
- raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

Doprinos promenljivih WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg na izračunavanje faktorskih koordinata za osmotsku dehidraciju u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> prikazan je u tabeli 4.21. Kao i za prethodna dva osmotska rastvora (OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>) na izračunavanje faktorske koordinate 1 najviše su uticale WL, SG, DM, Na, K, Ca i Mg, dok je  $a_w$  vrednost najviše uticala na izračunavanje druge faktorske koordinate.

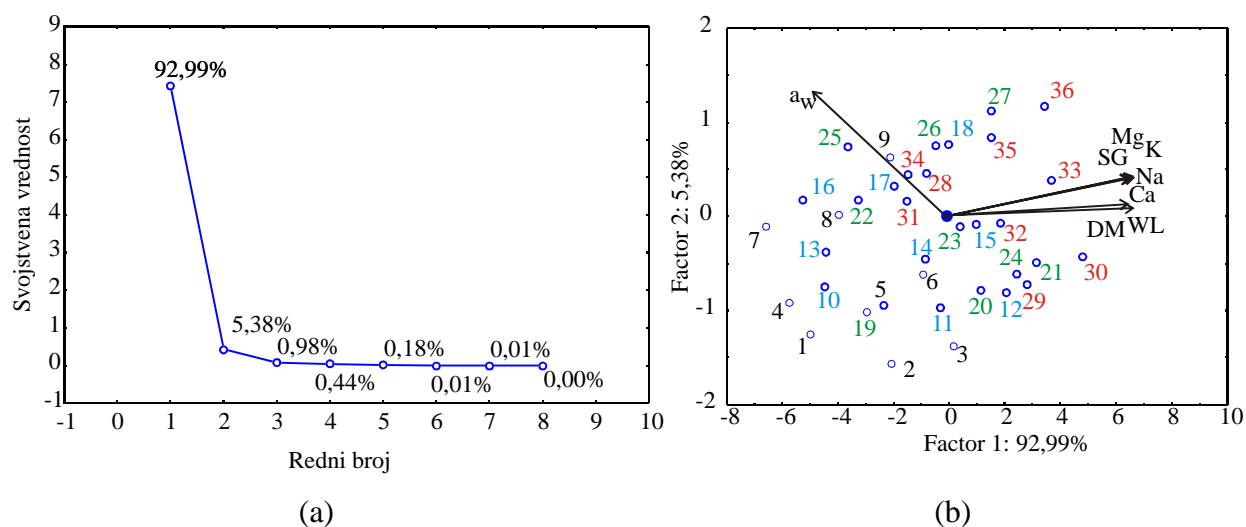
**Tabela 4.21.** PCA analiza doprinosa promenljivih za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>

	WL	SG	$a_w$	DM	Na	K	Ca	Mg
Faktor 1	<b>0,126119</b>	<b>0,129307</b>	0,085264	<b>0,131002</b>	<b>0,132085</b>	<b>0,132005</b>	<b>0,132203</b>	<b>0,132015</b>
Faktor 2	0,002773	0,030308	<b>0,839158</b>	0,006582	0,032220	0,028659	0,029231	0,031070

Kao i za osmotske rastvore OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> na osnovu primenjene PCA, u prvoj faktorskoj ravni grafički je predstavljen trend osmotskog tretmana u rastvoru OR<sub>3</sub> kako bi se preglednije prikazale različitosti između uzoraka (slika 4.27 a,b.).

Prve dve faktorske koordinate prikazuju 98,37% ukupne varijabilnosti, što je dovoljno za prikaz celokupne varijabilnosti (slika 4.27.a.).

Na slici 4.27.b. je prikazan raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni. za OR<sub>3</sub>. U smeru rasta polova, rastu i merene vrednosti datih promenljivih, za određene uzorke.



**Slika 4.27.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidraciju u rastvoru OR<sub>3</sub> na osnovu PCA:

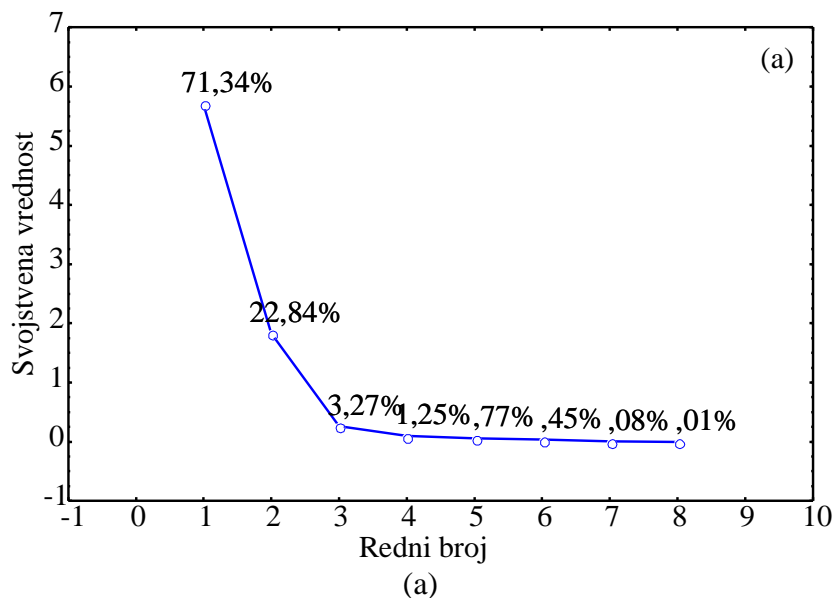
a) varijabilnost faktorskih kordinata

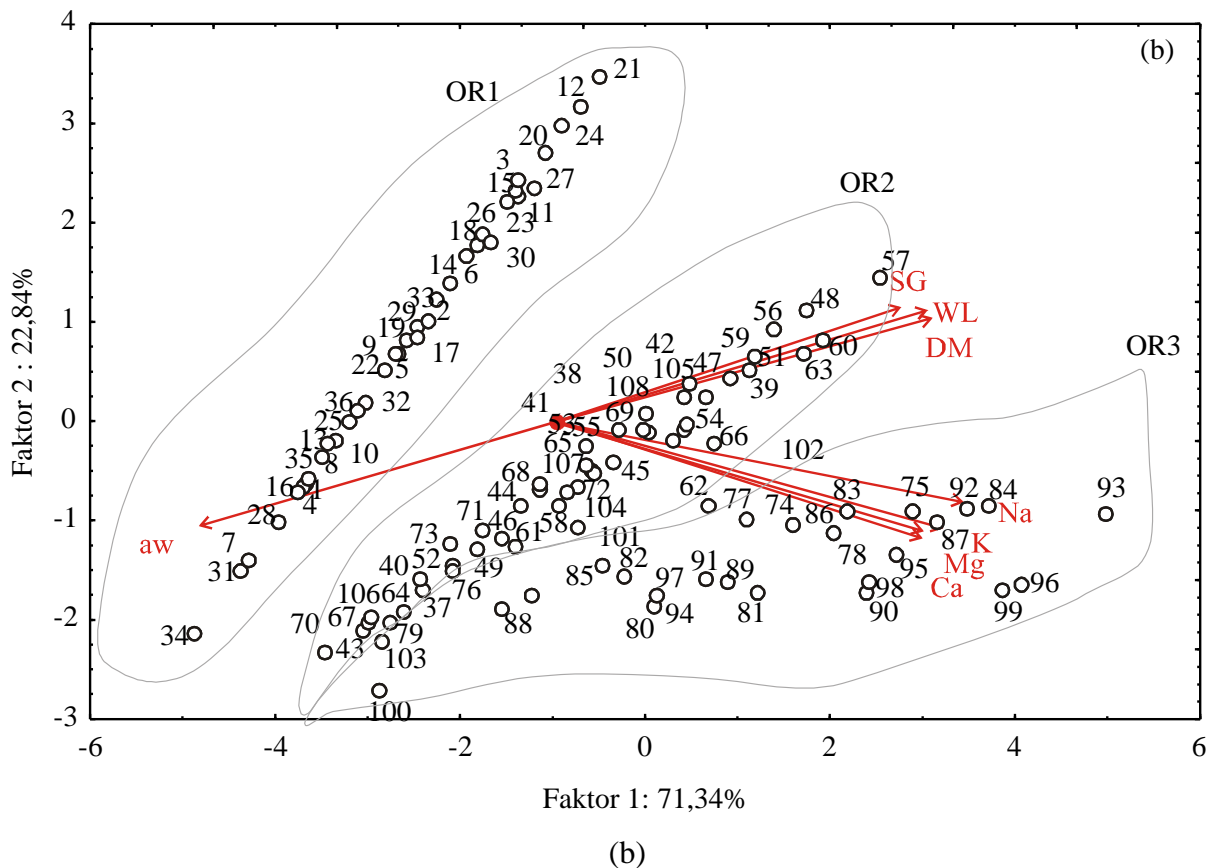
## b) raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

Uzorci na desnoj strani grafika imaju veće vrednosti WL, SG i DM, i povećane sadržaje K, Ca, Mg i Na, a uzorci na levoj strani grafika imaju povećane  $a_w$  vrednosti. Osmotskom dehidracijom u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> kao i u OR<sub>2</sub>, a suprotno OR<sub>1</sub> došlo je do smanjenja  $a_w$  vrednosti i povećanja svih drugih posmatranih odziva u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.

**4.1.3.1. Poređenje osmotskog tretmana mesa srebrnog karaša u tri osmotska rastvora (OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>)**

Uporednom PCA analizom osmotskog tretmana mesa srebrnog karaša u sva tri osmotska rastvora uočava se, kao i kod pojedinačnih rastvora, da prve dve faktorske koordinate prikazuju 94,18% ukupne varijabilnosti, što je dovoljno za prikaz celokupne varijabilnosti (slika 4.28.a.).





**Slika 4.28.** Grafički prikaz trendova za osmotsku dehidraciju u rastvorima OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> na osnovu PCA:

- varijabilnost faktorskih koordinata
- raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni

Na slici 4.28.b. prikazan je raspored polova i uzoraka u faktorskoj ravni za osmotske rastvore OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>. U smeru rasta polova, rastu i merene vrednosti datih promenljivih, za određene uzorke.

Uzorci 1-36 su uzorci tretirani u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> (tabela 7.1., prilog), 37-72 uzorci tretirani u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> (tabela 7.2., prilog), a 73-108 su uzorci tretirani u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub> (tabela 7.3., prilog).

Uzorci na desnoj strani grafika (slika 4.28.b.) imaju veće vrednosti WL, SG i DM, i povećane sadržaje minerala K, Ca, Mg i Na, dok uzorci na levoj strani grafika imaju veće  $a_w$  vrednosti.

Procesom osmotske dehidracije u hipertoničnom rastvoru OR<sub>3</sub> kao i u OR<sub>2</sub>, a suprotno rastvoru OR<sub>1</sub> došlo je do većeg smanjenja  $a_w$  vrednosti i povećanja svih drugih posmatranih odziva u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.

#### 4.1.4. Veštačke neuronske mreže

Broj skrivenih neurona varirao je od  $n = 5 - 10$ , što je predloženo programom (StatSoft Statistica). Bilo je  $x = 3$  ulaza,  $y = 8$  izlaza, i  $m = 68 - 120$  težinskih koeficijenata (u zavisnosti od broja  $n$ ). Za modelovanje ANN upotrebljen je BFGS algoritam, koji je ugrađen u primenjeni program. Rezultati za WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg tokom testiranja sa pet do trinaest neurona u skrivenom sloju su prikazani u tabeli 4.22. Identična funkcija je prenosna funkcija koja je jednaka jedinici, što znači da je vrednost ulaza jednaka izlazu. Tabela 4.23. prikazuje  $r^2$  vrednosti za svaku od proučavanih promenljivih tokom faza učenja, testiranja i validacije.

Primenjeni MLP su označeni u StatSoft Statistica programu na sledeći način: nakon oznake MLP sledi broj ulaza, broj neurona u skrivenom sloju, a zatim broj izlaza. Optimalni broj skrivenih neurona je izabran minimiziranjem razlika između vrednosti predviđenih mrežom i onih eksperimentalno dobijenih. Kao indikatori performanse mreža korišćene su sume  $r^2$  i sume SOS izmeđumerenih i izračunatih izlaza za svaku dobijenu ANN, tokom faza učenja, testiranja i validacije.

Učinak (performanse) ANN utvrđen je na osnovu sume svih  $r^2$  (što veća vrednost) i sume svih SOS (što manja vrednost) za sve promenljive u jednoj mreži. Na osnovu toga pronađen je optimalni broj skrivenih neurona, za OR<sub>1</sub>, 10 (tabela 4.22, mreža br. 9, oznake MLP 3-10-8). SOS vrednosti su takođe upotrebljene kao kriterijum za završetak iteracije mreže, što je obuhvaćeno primenjenim programom. Čim SOS počne da raste, zaustavlja se faza „učenja“ mreže, a ako do toga ne dođe ova faza se završava nakon fiksiranog broja ciklusa (*Taylor, 2006*). Primećeno je da veći broj neurona povećava kompleksnost ANN strukture, ali značajno ne poboljšava ponašanje mreže (*Kollo i Von Rosen, 2005*), jer je u fazi testiranja mreža br. 6 (MLP 3-9-8) imala  $r^2=0,992$  i  $SOS=0,006$ .

**Tabela 4.22.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>

Br.	Naziv mreže	Koeficijent determinacije			Greška			Algoritam	Funkcija greške	Akt. fn. skriveni sloj	Akt. fn. izlazni sloj
		Učenje	Test.	Valid.	Učenje	Test.	Valid.				
1	MLP 3-9-8	0,989	0,987	0,963	0,008	0,023	0,060	BFGS 68	SOS	Tanh	Tanh
2	MLP 3-6-8	0,982	0,983	0,968	0,013	0,028	0,070	BFGS 72	SOS	Logistic	Exp.
3	MLP 3-10-8	0,965	0,986	0,952	0,026	0,035	0,084	BFGS 32	SOS	Identity	Logistic
4	MLP 3-5-8	0,983	0,980	0,968	0,013	0,024	0,062	BFGS 58	SOS	Exp.	Identity
5	MLP 3-8-8	0,964	0,985	0,964	0,027	0,022	0,059	BFGS 17	SOS	Identity	Identity
6	MLP 3-9-8	0,992	0,980	0,961	0,006	0,034	0,079	BFGS 114	SOS	Logistic	Tanh
7	MLP 3-5-8	0,975	0,986	0,962	0,020	0,022	0,067	BFGS 26	SOS	Logistic	Identity
8	MLP 3-6-8	0,983	0,984	0,955	0,013	0,033	0,088	BFGS 71	SOS	Tanh	Exp.
<b>9</b>	<b>MLP 3-10-8</b>	<b>0,993</b>	<b>0,990</b>	<b>0,975</b>	<b>0,005</b>	<b>0,018</b>	<b>0,052</b>	<b>BFGS 67</b>	<b>SOS</b>	<b>Logistic</b>	<b>Identity</b>
10	MLP 3-8-8	0,966	0,987	0,964	0,026	0,022	0,065	BFGS 12	SOS	Tanh	Identity



**Tabela 4.23.** Koeficijenti determinacije,  $r^2$ , između eksperimentalnih vrednosti i ANN izlaza, tokom učenja, testiranja i validacije mreže za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>

	Učenje mreže							
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-9-8	0,994	0,982	0,981	0,987	0,995	0,984	0,995	0,996
2.MLP 3-6-8	0,976	0,982	0,956	0,991	0,995	0,984	0,987	0,990
3.MLP 3-10-8	0,943	0,972	0,925	0,972	0,989	0,954	0,982	0,987
4.MLP 3-5-8	0,982	0,981	0,952	0,985	0,997	0,978	0,989	0,996
5.MLP 3-8-8	0,931	0,972	0,902	0,975	0,995	0,956	0,989	0,994
6.MLP 3-9-8	0,992	0,987	0,993	0,992	0,993	0,989	0,993	0,996
7.MLP 3-5-8	0,946	0,979	0,945	0,981	0,997	0,968	0,993	0,993
8.MLP 3-6-8	0,988	0,983	0,966	0,993	0,993	0,977	0,979	0,985
9.MLP 3-10-8	0,993	0,986	0,991	0,996	0,999	0,984	0,998	0,999
10.MLP 3-8-8	0,945	0,971	0,909	0,985	0,990	0,958	0,984	0,989
	Testiranje							
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-9-8	0,983	0,982	0,973	0,983	0,999	0,978	0,998	0,999
2.MLP 3-6-8	0,994	0,968	0,982	0,984	0,986	0,989	0,990	0,968
3.MLP 3-10-8	0,989	0,993	0,965	0,977	0,998	0,971	0,999	0,998
4.MLP 3-5-8	0,994	0,977	0,983	0,977	0,989	0,947	0,981	0,993
5.MLP 3-8-8	0,963	0,998	0,987	0,971	0,998	0,972	0,996	0,999
6.MLP 3-9-8	0,994	0,964	0,966	0,972	0,990	0,972	0,990	0,995
7.MLP 3-5-8	0,977	0,990	0,996	0,955	0,995	0,991	0,997	0,991
8.MLP 3-6-8	0,993	0,981	0,966	0,979	0,986	0,990	0,993	0,985
9.MLP 3-10-8	0,973	0,991	0,978	0,987	0,999	0,994	0,998	0,998
10.MLP 3-8-8	0,975	0,993	0,996	0,979	0,998	0,962	1,000	0,997
	Validacija							
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-9-8	0,985	0,977	0,976	0,968	0,934	0,976	0,905	0,984
2.MLP 3-6-8	0,984	0,955	0,950	0,969	0,946	0,994	0,945	0,999
3.MLP 3-10-8	0,980	0,941	0,984	0,889	0,964	0,972	0,903	0,981
4.MLP 3-5-8	1,000	0,987	0,988	0,912	0,944	0,994	0,921	0,997
5.MLP 3-8-8	0,989	0,985	0,966	0,892	0,961	0,994	0,930	0,995
6.MLP 3-9-8	0,989	0,962	0,956	0,969	0,953	0,967	0,912	0,980
7.MLP 3-5-8	0,994	0,951	0,963	0,900	0,952	0,994	0,948	0,997
8.MLP 3-6-8	0,966	0,903	0,979	0,960	0,956	0,980	0,913	0,986
9.MLP 3-10-8	0,995	0,979	0,949	0,985	0,959	0,995	0,941	0,999
10.MLP 3-8-8	0,995	0,981	0,964	0,927	0,958	0,980	0,922	0,984

Učinak ANN za osmotski rastvor  $OR_2$  je takođe utvrđen na osnovu sume svih  $r^2$  (što veća vrednost) i sume svih SOS (što manja vrednost) za sve promenljive u jednoj mreži. Na osnovu toga, utvrđeno je da je optimalni broj skrivenih neurona za  $OR_2$ , 10 (tabela 4.24. mreža br. 1, oznake MLP 3-10-8), kao i za  $OR_1$ .

**Tabela 4.24.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za osmotski rastvor  $OR_2$

Br.	Naziv mreže	Koeficijent determinacije			Greška			Algoritam	Funkcija greške	Akt. fn. skriveni sloj	Akt. fn. izlazni sloj
		Učenje	Test.	Valid.	Učenje	Test.	Valid.				
<b>1</b>	<b>MLP 3-10-8</b>	<b>0,993</b>	<b>0,992</b>	<b>0,985</b>	<b>0,005</b>	<b>0,011</b>	<b>0,025</b>	<b>BFGS 71</b>	<b>SOS</b>	<b>Logistic</b>	<b>Identity</b>
2	MLP 3-7-8	0,987	0,985	0,979	0,009	0,025	0,041	BFGS 26	SOS	Tanh	Logistic
3	MLP 3-5-8	0,981	0,990	0,979	0,013	0,015	0,038	BFGS 25	SOS	Tanh	Identity
4	MLP 3-10-8	0,994	0,987	0,980	0,004	0,016	0,034	BFGS 95	SOS	Logistic	Tanh
5	MLP 3-5-8	0,990	0,990	0,981	0,007	0,011	0,034	BFGS 55	SOS	Logistic	Identity
6	MLP 3-5-8	0,976	0,987	0,981	0,018	0,016	0,035	BFGS 15	SOS	Identity	Identity
7	MLP 3-9-8	0,993	0,990	0,978	0,005	0,016	0,035	BFGS 79	SOS	Tanh	Tanh
8	MLP 3-3-8	0,982	0,992	0,975	0,012	0,011	0,039	BFGS 24	SOS	Logistic	Identity
9	MLP 3-8-8	0,991	0,991	0,979	0,006	0,016	0,041	BFGS 62	SOS	Exponential	Tanh
10	MLP 3-10-8	0,992	0,985	0,972	0,005	0,019	0,039	BFGS 62	SOS	Tanh	Tanh

**Tabela 4.25.** Koeficijenti determinacije,  $r^2$ , između eksperimentalnih vrednosti i ANN izlaza, tokom učenja, testiranja i validacije mreže za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>

Učenje mreže								
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-10-8	0,986	0,990	0,992	0,985	0,999	0,999	0,998	0,997
2.MLP 3-7-8	0,986	0,986	0,982	0,970	0,996	0,994	0,993	0,991
3.MLP 3-5-8	0,966	0,983	0,954	0,968	0,997	0,997	0,996	0,987
4.MLP 3-10-8	0,989	0,992	0,995	0,992	0,998	0,997	0,996	0,995
5.MLP 3-5-8	0,985	0,986	0,978	0,984	0,999	0,998	0,998	0,995
6.MLP 3-5-8	0,953	0,981	0,946	0,960	0,995	0,996	0,991	0,983
7.MLP 3-9-8	0,989	0,990	0,993	0,991	0,997	0,996	0,996	0,993
8.MLP 3-3-8	0,973	0,982	0,958	0,975	0,997	0,996	0,993	0,985
9.MLP 3-8-8	0,986	0,986	0,992	0,985	0,997	0,997	0,995	0,993
10.MLP 3-10-8	0,986	0,992	0,983	0,986	0,998	0,998	0,998	0,995
Testiranje								
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-10-8	0,980	0,997	0,983	0,993	0,997	0,995	0,996	0,994
2.MLP 3-7-8	0,953	0,989	0,990	0,983	0,995	0,996	0,990	0,987
3.MLP 3-5-8	0,965	0,991	0,995	0,987	0,995	0,995	0,997	0,995
4.MLP 3-10-8	0,973	0,976	0,992	0,975	0,995	0,989	0,998	0,998
5.MLP 3-5-8	0,976	0,997	0,986	0,985	0,996	0,996	0,993	0,993
6.MLP 3-5-8	0,940	0,994	0,995	0,987	0,996	0,993	0,996	0,996
7.MLP 3-9-8	0,986	0,983	0,992	0,984	0,993	0,990	0,998	0,995
8.MLP 3-3-8	0,981	0,993	0,988	0,997	0,996	0,996	0,995	0,993
9.MLP 3-8-8	0,977	0,991	0,992	0,992	0,997	0,990	0,999	0,992
10.MLP 3-10-8	0,996	0,969	0,973	0,989	0,989	0,982	0,992	0,989
Validacija								
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-10-8	0,997	0,989	0,939	0,997	0,999	0,973	0,996	0,994
2.MLP 3-7-8	0,990	0,983	0,969	0,992	0,999	0,973	0,975	0,954
3.MLP 3-5-8	0,998	0,999	0,959	0,967	0,996	0,957	0,979	0,976
4.MLP 3-10-8	0,988	0,988	0,965	0,992	0,991	0,948	0,985	0,982
5.MLP 3-5-8	0,996	0,999	0,951	0,978	0,997	0,961	0,989	0,976
6.MLP 3-5-8	0,994	0,996	0,963	0,950	0,997	0,974	0,995	0,979
7.MLP 3-9-8	0,989	0,992	0,972	0,985	0,996	0,951	0,977	0,966
8.MLP 3-3-8	0,997	0,996	0,955	0,977	0,994	0,944	0,978	0,961
9.MLP 3-8-8	0,995	0,990	0,947	0,967	0,998	0,967	0,986	0,982
10.MLP 3-10-8	0,981	0,979	0,951	0,943	0,999	0,969	0,985	0,971

Kao i za prethodna dva osmotska rastvora, učinak ANN utvrđen je na osnovu sume svih  $r^2$  (što veća vrednost) i sume svih SOS (što manja vrednost) za sve promenljive u jednoj mreži, čime je određeno da je optimalni broj skrivenih neurona, za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>, 7 (Tabela 4.26. mreža br. 9, oznake MLP 3-7-8).

**Tabela 4.26.** Rezultati veštačkih neuronskih mreža za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>

Br.	Naziv mreže	Koeficijent determinacije			Greška			Algoritam	Funkcija greške	Akt. fn. skriveni sloj	Akt. fn. izlazni sloj
		Učenje	Test.	Valid.	Učenje	Test.	Valid.				
1	MLP 3-10-8	0,987	0,986	0,985	0,009	0,025	0,026	BFGS 49	SOS	Logistic	Tanh
2	MLP 3-6-8	0,989	0,983	0,944	0,008	0,045	0,062	BFGS 65	SOS	Logistic	Logistic
3	MLP 3-8-8	0,972	0,984	0,984	0,020	0,031	0,050	BFGS 25	SOS	Logistic	Logistic
4	MLP 3-8-8	0,983	0,988	0,993	0,012	0,018	0,013	BFGS 25	SOS	Logistic	Identity
5	MLP 3-10-8	0,989	0,985	0,968	0,007	0,023	0,044	BFGS 45	SOS	Tanh	Tanh
6	MLP 3-6-8	0,986	0,987	0,991	0,010	0,017	0,020	BFGS 35	SOS	Exponential	Identity
7	MLP 3-3-8	0,977	0,988	0,975	0,015	0,024	0,051	BFGS 52	SOS	Exponential	Tanh
8	MLP 3-7-8	0,982	0,986	0,990	0,013	0,028	0,021	BFGS 34	SOS	Exponential	Tanh
<b>9</b>	<b>MLP 3-7-8</b>	<b>0,988</b>	<b>0,987</b>	<b>0,992</b>	<b>0,008</b>	<b>0,018</b>	<b>0,013</b>	<b>BFGS 40</b>	<b>SOS</b>	<b>Logistic</b>	<b>Identity</b>
10	MLP 3-10-8	0,987	0,983	0,990	0,009	0,023	0,029	BFGS 30	SOS	Tanh	Exponential

**Tabela 4.27.** Koeficijenti determinacije,  $r^2$ , između eksperimentalnih vrednosti i ANN izlaza, tokom učenja, testiranja i validacije mreže za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>

Učenje mreže								
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-10-8	0,994	0,990	0,948	0,984	0,994	0,994	0,995	0,994
2.MLP 3-6-8	0,989	0,988	0,971	0,986	0,994	0,994	0,995	0,994
3.MLP 3-8-8	0,969	0,984	0,885	0,982	0,990	0,990	0,990	0,990
4.MLP 3-8-8	0,971	0,987	0,927	0,987	0,996	0,998	0,997	0,998
5.MLP 3-10-8	0,994	0,988	0,962	0,988	0,996	0,997	0,996	0,996
6.MLP 3-6-8	0,972	0,989	0,948	0,991	0,998	0,999	0,998	0,998
7.MLP 3-3-8	0,972	0,986	0,908	0,973	0,995	0,996	0,995	0,996
8.MLP 3-7-8	0,979	0,989	0,928	0,978	0,995	0,996	0,996	0,995
9.MLP 3-7-8	0,986	0,990	0,946	0,990	0,998	0,999	0,999	0,998
10.MLP 3-10-8	0,985	0,990	0,945	0,989	0,997	0,996	0,997	0,995
Testiranje								
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-10-8	0,991	0,977	0,976	0,992	0,992	0,984	0,987	0,986
2.MLP 3-6-8	0,993	0,962	0,989	0,990	0,983	0,984	0,985	0,979
3.MLP 3-8-8	0,989	0,967	0,970	0,999	0,988	0,988	0,987	0,984
4.MLP 3-8-8	0,977	0,975	0,978	0,986	0,998	0,997	0,999	0,997
5.MLP 3-10-8	0,955	0,969	0,979	0,996	0,997	0,995	0,996	0,996
6.MLP 3-6-8	0,965	0,981	0,974	0,993	0,996	0,996	0,999	0,996
7.MLP 3-3-8	0,969	0,977	0,994	0,977	0,998	0,996	0,995	0,998
8.MLP 3-7-8	0,988	0,969	0,975	0,991	0,992	0,991	0,993	0,988
9.MLP 3-7-8	0,979	0,978	0,951	0,997	0,999	0,998	0,999	0,998
10.MLP 3-10-8	0,986	0,977	0,932	0,990	0,996	0,995	0,996	0,994
Validacija								
	WL	SG	a <sub>w</sub>	DM	Na	K	Ca	Mg
1.MLP 3-10-8	0,984	0,987	0,966	0,994	0,990	0,986	0,982	0,988
2.MLP 3-6-8	0,978	0,955	0,706	0,996	0,985	0,978	0,977	0,979
3.MLP 3-8-8	0,979	0,964	0,965	0,996	0,993	0,991	0,990	0,990
4.MLP 3-8-8	0,998	0,985	0,990	0,994	0,997	0,995	0,993	0,994
5.MLP 3-10-8	0,957	0,976	0,920	0,998	0,975	0,977	0,969	0,974
6.MLP 3-6-8	0,998	0,979	0,984	0,992	0,997	0,995	0,991	0,994
7.MLP 3-3-8	0,987	0,968	0,913	0,974	0,992	0,993	0,988	0,987
8.MLP 3-7-8	0,995	0,985	0,992	0,987	0,992	0,989	0,990	0,992
9.MLP 3-7-8	0,994	0,981	0,995	0,997	0,996	0,993	0,991	0,993
10.MLP 3-10-8	0,990	0,982	0,969	0,984	1,000	1,000	0,999	0,999

#### 4.1.4.1. Simulacija veštačkih neuronskih mreža

Osobine osmotski tretiranih uzoraka, odnosno izlazi (WL, SG,  $a_w$ , DM, Na, K, Ca i Mg) mogu se izračunati preko jednačine [2.12], na osnovu matrica  $W_1$  i  $B_1$ , kao i matrica  $W_2$  i  $B_2$ , koje predstavljaju težinske koeficijente i greške računanja vezane za skriveni sloj. Takođe, izlazi se mogu izračunati primenom prenosnih funkcija  $f_1$  i  $f_2$  (Tabele 7.4, 7.5., 7.6., 7.7., 7.8., 7.9., prilog) u skrivenom i izlaznom sloju respektivno, na matriks ulaznih promenljivih  $X$ , korišćenjem iste jednačine. Algebarski sistem jednačina se može jednostavno koristiti u *Microsoft Excel* program za predviđanje izlaza.

U tabeli 7.4. (Prilog) prikazani su članovi matriksa  $W_1$  i vektora  $B_1$  (predstavljani u "bias" koloni), a u tabeli 7.5. (Prilog) članovi  $W_2$  i vektora  $B_2$  ("bias" red) skrivenog sloja za ANN model osmotskog rastvora OR<sub>1</sub>. Na slici 4.29. prikazane su simulirane krive na kojima se porede eksperimentalne i vrednosti izračunate na osnovu najbolje mreže br. 9 (MLP 3-10-8).

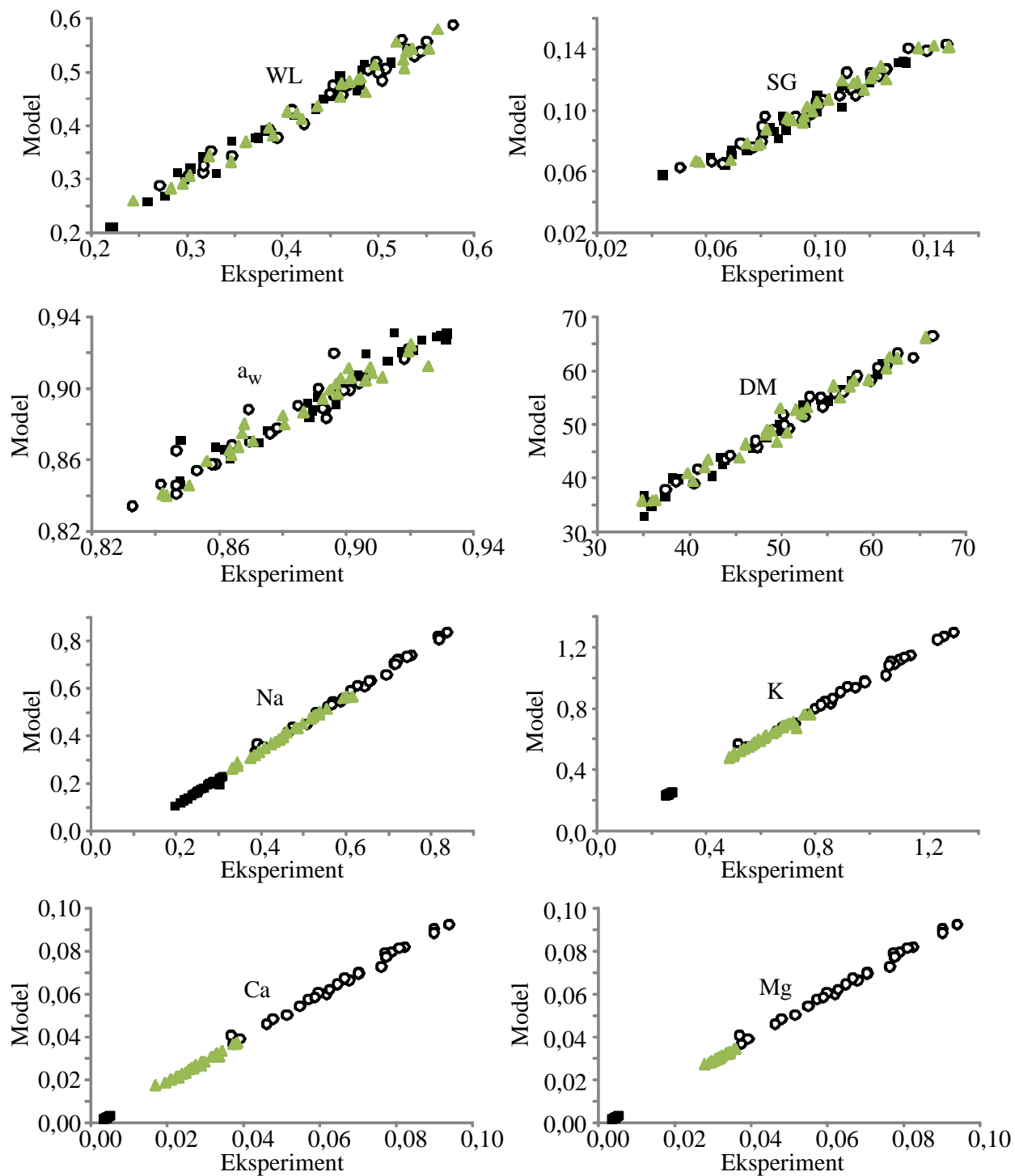
Sa slike 4.29., kao i iz tabela 4.22 i 4.23 se vidi da ANN modeli mogu da se koriste za predviđanje izlaza za širok opseg vrednosti ulaza i u većini slučajeva su predviđeni rezultati bliski eksperimentalnim za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>.

Tabela 7.6. (Prilog) prikazuje članove matriksa  $W_1$  i vektora  $B_1$ , a u tabela 7.7. (Prilog) članove  $W_2$  i vektora  $B_2$  ("bias" red) za skriveni sloj ANN modela osmotskog rastvora OR<sub>2</sub>. Na slici 4.29. prikazane su simulirane krive na kojima se porede eksperimentalne i vrednosti izračunate na osnovu najbolje mreže br. 1 (MLP 3-10-8).

Na osnovu slike 4.29., kao i tabela 4.24. i 4.25. uočava se da ANN modeli mogu da se primene za predviđanje izlaza za širok opseg vrednosti ulaza i u većini slučajeva su predviđeni rezultati bliski eksperimentalnim i za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>.

Za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> tabele 7.8. i 7.9. (prilog) prikazuju članove matriksa  $W_1$  i vektora  $B_1$  i članove  $W_2$  i vektora  $B_2$  za skriveni sloj, respektivno. Kao i za prethodna dva osmotska rastvora, slika 4.29. prikazuje simulirane krive na kojima se porede eksperimentalne i vrednosti izračunate na osnovu najbolje mreže, za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> to je mreža br. 9 (MLP 3-7-8).

Na osnovu slike 4.29. i tabela 4.26. i 4.27. zaključuje se da ANN modeli mogu da se primene za predviđanje izlaza za širok opseg vrednosti ulaza i za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>.



**Slika 4.29.** Eksperimentalno izmerene i ANN modelom predviđene vrednosti za WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaj Na, K, Ca i Mg, za osmotske rastvore OR<sub>1</sub> (■), OR<sub>3</sub> (○) i OR<sub>2</sub> (▲)

Srednja vrednost i standardna devijacija rezidualnih vrednosti izlaza su takođe analizirane. Srednje rezidualne vrednosti za osmotski rastvor OR<sub>1</sub> su: 0,057 za WL, 0,006 za SG, 0,024 za a<sub>w</sub>, 0,015 za DM, 0,005 za sadržaj Na, 0,004 za K, 0,015 za Ca i 0,012 za Mg. Za osmotski rastvor OR<sub>2</sub> srednje rezidualne vrednosti su: 0,034 za WL, 0,021 za SG, 0,023 za a<sub>w</sub>, 0,025 za DM, 0,009 za sadržaj Na, 0,011 za K, 0,011 za Ca i 0,014 za Mg. Dok su srednje rezidualne vrednosti za osmotski rastvor OR<sub>3</sub> iznosile: 0,043 za WL, 0,010 za SG, 0,031 za a<sub>w</sub>, 0,022 za DM, 0,010 za sadržaj Na, 0,009 za K, 0,009 za Ca i 0,011 za Mg. Ovi rezultati su pokazali dobru aproksimaciju normalne raspodele oko nule, dakle odnosi standardnih devijacija i srednjih vrednosti su niski, sa verovatnoćom od 95 % (2·SD), što ukazuje da ANN modeli imaju dobru sposobnost generalizacije za opsege eksperimentalnih vrednosti WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, Na, K, Ca i Mg prikazane u tabelama 4.1,4.4., 4.7., 4.10., 4.13. i 4.16.

Poređenjem  $r^2$  vrednosti kod dobijenih SOP (tabele 4.2., 4.5., 4.8, 4.11., 4.14. i 4.17.) i ANN modela (tabele 4.23., 4.25. i 4.27.) za osmotske rastvore OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> uočava se da su one nešto niže u prvom slučaju. S obzirom na to da se kod ANN eksperimentalni podaci dele (podaci za učenje – 60 %, testiranje – 20 % i validaciju – 20 %), ukupna vrednost  $r^2$  i SOS, odnosno ocena kvaliteta mreže, određuje se kao 0,6·učenje + 0,2·testiranje + 0,2·validacija, pri čemu je važnija ocena za fazu učenja (najveći deo podataka), a posmatra se i da SOS ima najnižu vrednost. Svakako, dokazano je da se obe vrste modela mogu koristiti za predviđanje izlaza. Ovaj rezultat je u skladu sa zaključcima drugih istraživanja (*Charalambous, 1992; Demuth i Beale, 1992; Kollo i Von Rosen, 2005*). Iako su ANN modeli kompleksniji od SOP modela (68-120 *weights-biases* za WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, Na, K, Ca i Mg modele, kod deset različitih mreža), mreže su pokazale bolji učinak usled visoke nelinearnosti razvijenih sistema (*Kollo i Von Rosen, 2005*).



#### 4.1.5. Analiza osetljivosti (Sensitivity analysis)

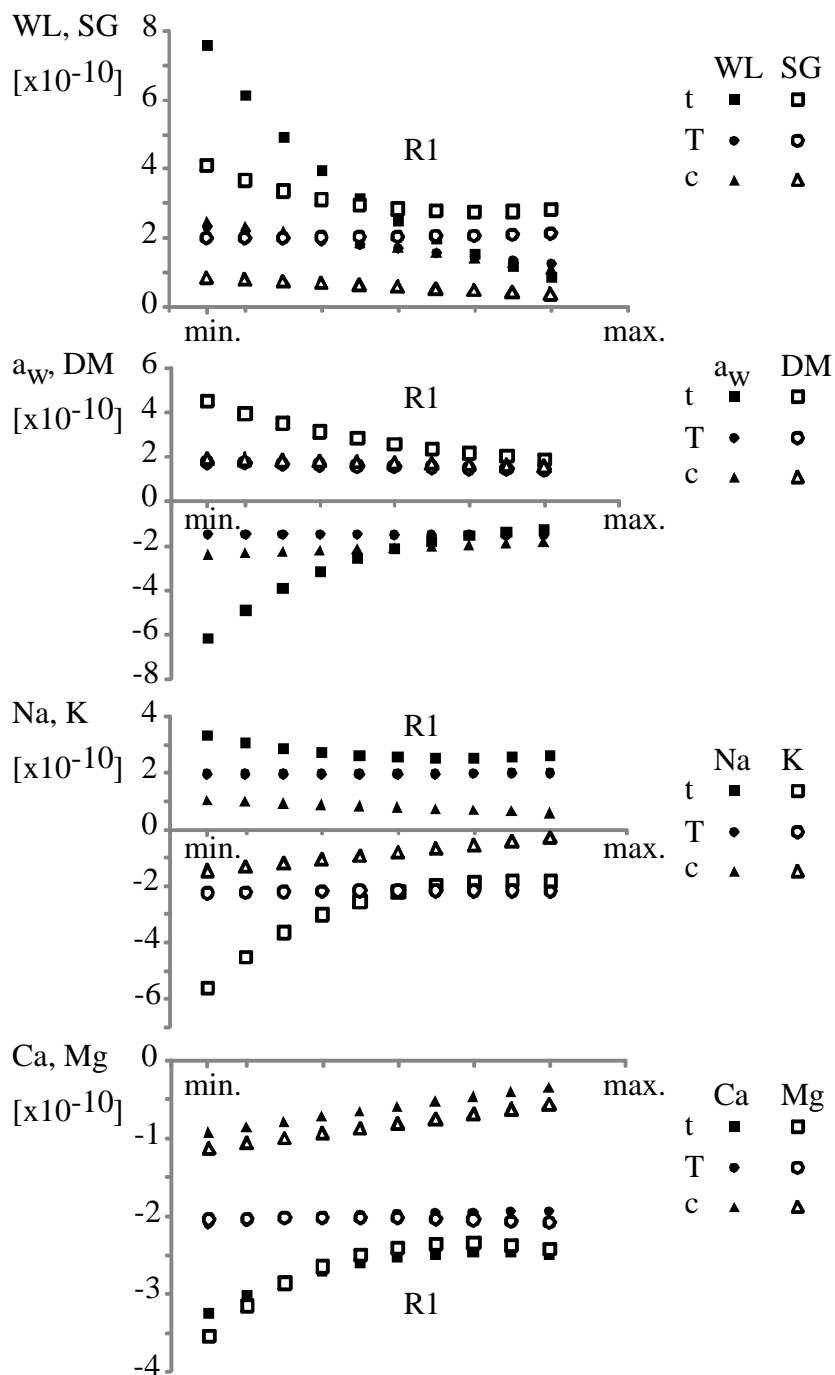
Analiza osetljivosti je primenjena kako bi se ispitali uticaji malih promena ulaznih veličina (procesnih promenljivih) na izlazne veličine procesa. Izlazi koji imaju veću osetljivost imaju veći odziv na male promene ulaznih veličina, (Pezo, et. al., 2013). Analizom osetljivosti se testiraju infinitezimalne promene nominalne ulazne veličine u deset individualnih, jednako udaljenih tačaka ulaznog prostora, od minimalne do maksimalne vrednosti posmatrane ulazne veličine, radi ispitivanja promena izlazne veličine. Ova analiza se takođe koristi i za ispitivanje osetljivosti i grešaka ANN modela.

Uticaj ulaznih promenljivih na izlazne veličine prikazan je na slikama 4.30., 4.31 i 4.32., a ovi grafici su dobijeni računanjem promena na izlaznim veličinama, pri infinitezimalnim promenama određenih nominalnih vrednosti ulazne veličine.

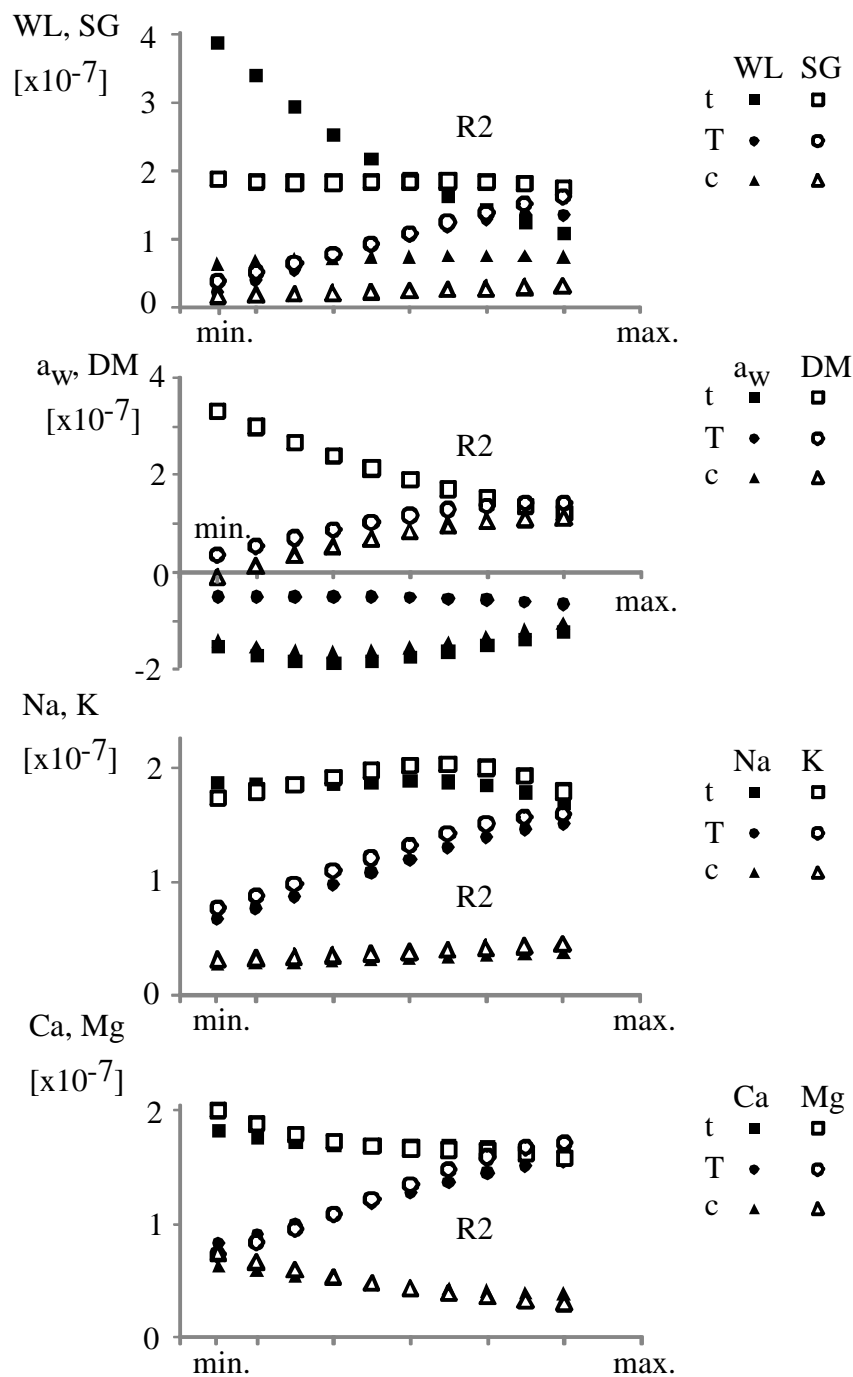
Analiza osetljivosti ukazuje na osetljivost odzivnih promenljivih u posmatranom opsegu procesnih promenljivih (računa se polinomom drugog reda). Vrednosti osetljivosti prikazani na dijagramu predstavljaju izvode prvog reda računane u tačkama koje se nalaze na desetinama punog opsega svake procesne promenljive. Tako se svaki izvod ulazne promenljive računa u odnosu na položaj deset jednako udaljenih tačaka na opsegu od minimuma do maksimuma za svaku promenljivu (ekstremne vrednosti u tom slučaju koriste se kao krajnje tačke za analizu). Vrednosti prvog izvoda za svaku promenljivu se računaju na osnovu Taylor-ove formule (Kleijnen, 2008; Nourani i Fard, 2012; Turanži i Tomlin, 2014):

$$Y_i(x + \Delta x) = Y_i(x) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial Y_i}{\partial x_j} \cdot \Delta x_j + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{\partial^2 Y_i}{\partial x_k \partial x_j} \cdot \Delta x_k \cdot \Delta x_j + \dots \quad [4.1.]$$

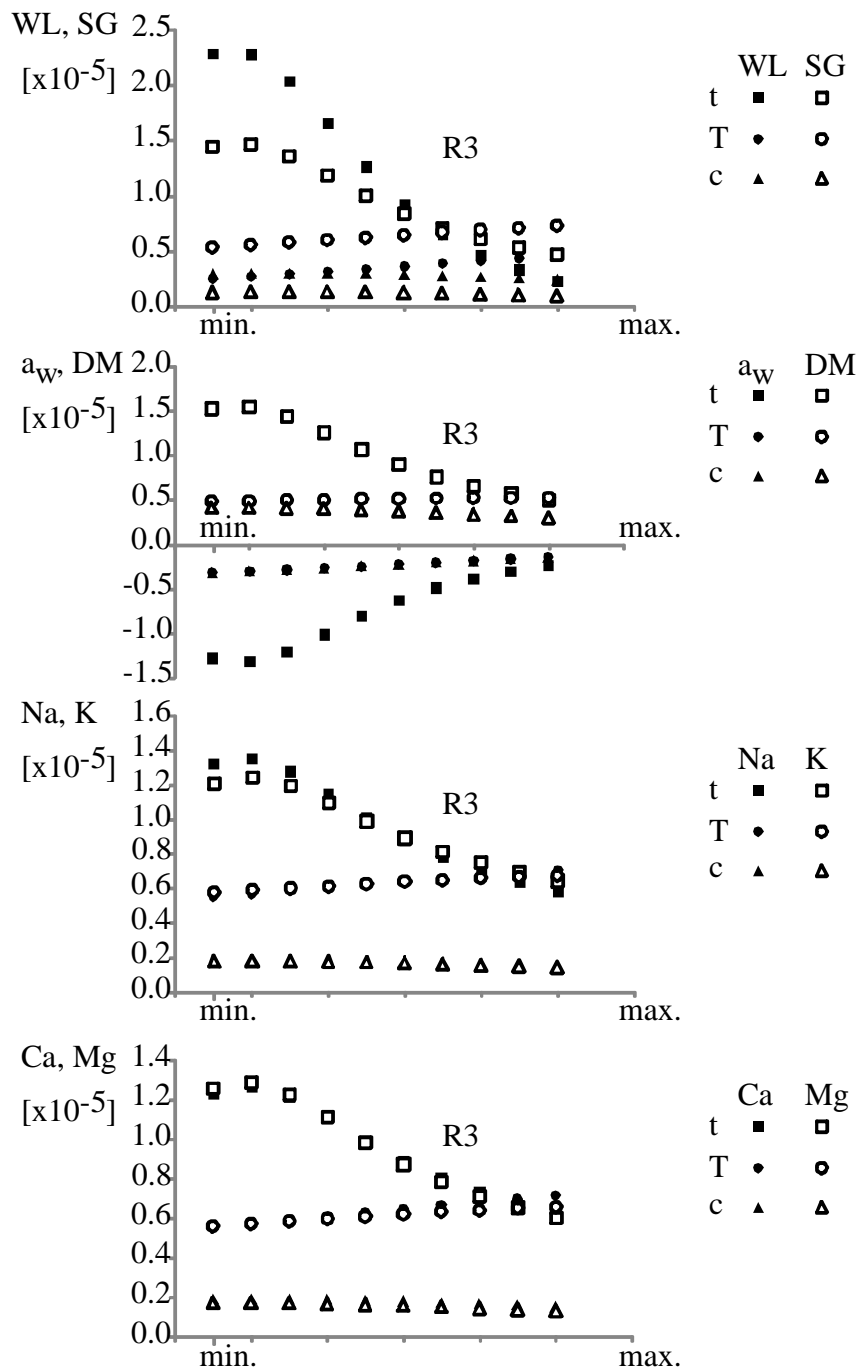
Dobijene vrednosti prikazuju nivo eksperimentalne greške, ali takođe prikazuju i uticaje ulaza na izlazne promenljive. Sa slike 4.30. vidi se da WL, SG,  $a_w$ , DM, kao i sadržaj Na, K, Ca i Mg najviše zavise od t, što je takođe utvrđeno ANOVA analizom SOP modela, kao i PCA analizom. Na WL gotovo jednako utiču infinitezimalne promene T i c, za slučaj rastvora OR<sub>1</sub>, dok je na SG uticajnija T nego c. Slično ponašanje je takođe primećeno za OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> rastvora.



**Slika 4.30.** Analiza osetljivosti na male promene izlaza WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, izazvane promenama ulaza (t, T i c), za osmotski rastvor OR<sub>1</sub>



**Slika 4.31.** Analiza osetljivosti na male promene izlaza WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, izazvane promenama ulaza (t, T i c), za osmotski rastvor OR<sub>2</sub>



**Slika 4.32.** Analiza osetljivosti na male promene izlaza WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, izazvane promenama ulaza (t, T i c), za osmotski rastvor OR<sub>3</sub>

Analiza osetljivosti je pokazala uticaj malih promena ulaznih veličina, ali je takođe prikazala i uticaje promene ulaznih veličina u datoj tački ulaznog prostora, kao što je to prikazano na slikama 4.30., 4.31 i 4.32. Sa ovih slika vidi se da su WL i SG (za rastvore OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>) osetljiviji na male promene t, dok su promene na T i c iste, bez obzira na položaj u ulaznom prostoru. Ovo znači, da dalje povećanje t ne bi dovelo do povećanja WL ili SG. Prema analizi osetljivosti, povećanje t, T ili c dovodi do povećanja WL i SG, za OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, što se poklapa sa PCA, ANOVA analizom SOP modela, kao i sa eksperimentalnim rezultatima.

Mala povećanja vrednosti t, T ili c, dovode do povećavanja a<sub>w</sub>, dok promene ovih parametara dovode do povećanja DM (za OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>). Sadržaj minerala se povećava malim povećavanjem t, T ili c, samo za rastvor OR<sub>3</sub>, dok se sadržaj Na povećava sa ovim promenama za rastvor OR<sub>1</sub>. Sadržaj K, Ca i Mg se smanjuje u toku osmotskog tretmana u rastvoru OR<sub>1</sub>. Ovi zaključci su u skladu sa RSM i PCA analizom.

#### 4.1.6.Fazi (fuzzy) optimizacija

Održiva industrijska proizvodnja zahteva optimizaciju, ne samo proizvoda, već i samog proizvodnog procesa. Primenom poboljšanih matematičkih modela i metoda optimizacije moguće je tehnološko unapređenje i planiranje proizvodnog procesa sa ciljem smanjenja potrošnje energije i sirovina. Fazi ocenjivanje može značajno doprineti redukovanju potrošnje energije.

Odabir najboljih procesnih parametara (WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg) za konkretnu sirovinu, zavisi od namene planiranog proizvoda. Takođe, ako je primena krajnjeg proizvoda poznata i optimalne vrednosti (WL, SG, a<sub>w</sub>, DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg), moguće je pronaći i optimalne procesne parametre (*Filipčev, 2009; Koprivica i sar., 2014*).

Modeli vrednovanja dele se na jednokriterijumske i višekriterijumske. Zajednička osobina jednokriterijumskih modela je vrednovanje rešenja po jednom kriterijumu, što je njihov nedostatak, ali ujedno i prednost, jer se postupak pojednostavljuje. Osnovni cilj višekriterijumskih metoda je određivanje prioriteta između više promenljivih ili kriterijuma. Rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja primenom fazi logike pruža mogućnost da iz skupa ponuđenih varijanti izabere onu koja je dominantna po više kriterijuma, te se najčešće koristi za modelovanje složenih sistema u kojima je primenom drugih metoda teško utvrditi međuzavisnosti koje postoje između pojedinih promenljivih.

U ovom istraživanju, nelinearni problemi optimizacije rešavani su pomoću fuzzy synthetic evaluation (FSE) metode. FSE obrađuje sve parametre na osnovu unapred definisanih težinskih koeficijenata (weights) i smanjuje rasipanje pomoću tzv. funkcije pripadnosti (membership function), dajući prilično visoku osetljivost u poređenju sa drugim tehnikama vrednovanja (*Brlek i sar, 2013*). Za optimizaciju je primenjen Microsoft Excel 2007 program na osnovu predloženih SOP i ANN modela. Ovde je predstavljena optimizacija svih 8 izlaza na osnovu modela razvijenih pomoću SOP i ANN.

Pri dizajniranju fazi skupova bitno je izabrati određenu funkciju pripadnosti  $A(x)$ . Ova funkcija pokazuje koliko  $x$  iz skupa  $X$  ispunjava uslov pripadnosti skupu  $A$ . U klasičnoj teoriji logike ona može da ima jednu od dve vrednosti, 1 i 0, tj. element pripada ili ne pripada skupu  $A$ . U teoriji fazi skupova funkcija pripadnosti može da ima bilo koju vrednost između 0 i 1. Ukoliko je  $A(x)$  veće, utoliko ima više istine u tvrdnji da element  $x$  pripada skupu  $A$ , odnosno element  $x$  u većem stepenu ispunjava uslove pripadnosti skupu  $A$  (*Brlek i sar., 2013*).

Svaki fazi skup je kompletno i jedinstveno određen svojom funkcijom pripadnosti. Prema fazi teoriji izbor funkcije pripadnosti, odnosno oblika funkcije i širine intervala poverenja, najčešće se određuje na osnovu subjektivne procene ili iskustva, ali moguće je, (kao u ovom istraživanju) i na osnovu merenih vrednosti ili matematičkog modela. Funkcije pripadnosti fazi skupu u ovom istraživanju su trapezoidnog oblika. Fazi broj  $A$  dobijen iz trapezoidne funkcije obično se određuje na osnovu četiri tipične tačke rogljeva trapezoida na apscisnoj i ordinatnoj osi. Trapezoidna funkcija pripadnosti se može predstaviti na sledeći način:

$$A(x, a, m, n, b) = \begin{cases} a \leq x < m, & \frac{x-a}{m-a} \\ m \leq x < n, & 1 \\ n \leq x < b, & 1 - \frac{x-n}{b-n} \end{cases} \quad [4.2.]$$

gde  $x$  predstavlja zavisne promenljive, a vrednosti  $a$ ,  $b$ ,  $m$  i  $n$  su parametri funkcije. Interval  $a - b$  predstavlja opseg u kom se kreću izmerene vrednosti izlazne promenljive, dok je  $m - n$  očekivani optimalni interval promenljivih, izabran za određene grupe proizvoda. Poređena su sva tri osmotska rastvora ( $OR_1$ ,  $OR_2$  i  $OR_3$ ) istovremeno.

U tabeli 4.28. prikazani su intervali izlaznih promenljivih dobijeni eksperimentalno, sa optimalnim vrednostima zadatim na osnovu preporuka (Filipčev, 2009), uzimajući u obzir da svaka grupa potrošača zahteva proizvod odgovarajućeg kvaliteta (Filipčev, 2009; Koprivica i sar., 2014).

**Tabela 4.28.** Vrednosti optimalnih parametara za 100g osušenog materijala

Grupa potrošača	Param.	WL	SG	$a_w$	DM	K	Na	Ca	Mg
Ekstremne vrednosti merenih veličina	$a$	0,22	0,04	0,83	35,97	0,15	0,28	0,01	0,01
	$b$	0,57	0,15	0,93	66,30	0,85	1,30	0,09	0,05
Hrana za odojčad	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,40	0,12	0,02	0,03
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,70	0,37	0,08	0,07
Dečija hrana	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,30	1,00	0,05	0,08
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,38	1,20	0,08	0,13
Odrasli muškarci	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,45	1,20	0,10	0,20
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,47	1,50	0,13	0,42
Odrasle žene	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,45	1,20	0,10	0,24
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,47	1,50	0,13	0,32
Trudnice	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,47	1,50	0,10	0,35
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,47	1,50	0,13	0,40
Majke dojilje	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,51	1,50	0,10	0,31
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,51	1,50	0,13	0,36
Sportska hrana	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,45	1,20	0,10	0,24
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,47	1,50	0,13	0,42
Starije doba	$m$	0,57	0,04	0,83	40,00	0,45	1,20	0,10	0,08
	$n$	0,57	0,10	0,84	66,30	0,45	1,20	0,10	0,13

Objektivna funkcija ( $F$ ) je matematička funkcija čiji se maksimum određuje sumiranjem rezultata trapezoidnih funkcija. Usvojeno je da svaka grupa izlaznih parametara (WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg) ima podjednak uticaj na funkciju  $F$ :

$$F(t, T, c) = 0.125 \cdot (\overline{WL} + \overline{SG} + \overline{a_w} + \overline{DM} + \overline{Na} + \overline{K} + \overline{Ca} + \overline{Mg}) \quad [4.3.]$$

Maksimum funkcije  $F$  predstavlja optimalne procesne parametre  $t$ ,  $T$  i  $c$ , a takođe i optimalne vrednosti zavisnih promenljivih WL, SG,  $a_w$ , DM, i sadržaja Na, K, Ca i Mg, a

određuje se na osnovu jednačine 4.3. Vrednosti funkcije pripadnosti bliže 1 pokazuju da su procesni parametri optimalni.

**Tabela 4.29.** Vrednosti optimizacionih funkcija, optimalni procesni parametri i ocene izlaznih veličina procesa osmotske dehidracije

	t	T	c	$\overline{WL}$	$\overline{SG}$	$\overline{a_w}$	$\overline{DM}$	$\overline{Na}$	$\overline{K}$	$\overline{Ca}$	$\overline{Mg}$	F
OR <sub>1</sub>	5	10	60	0,70	0,51	0,85	0,50	0,16	0,02	0,01	0,08	0,34
OR <sub>1</sub>	5	20	60	0,74	0,46	0,85	0,55	0,16	0,02	0,01	0,07	0,36
OR <sub>1</sub>	5	35	60	0,79	0,28	0,85	0,81	0,14	0,00	0,00	0,03	0,36
OR <sub>1</sub>	5	50	60	0,81	0,15	0,85	0,83	0,17	0,00	0,00	0,00	0,35
OR <sub>2</sub>	5	10	70	0,83	0,41	0,85	0,61	0,46	0,40	0,30	0,52	0,52
OR <sub>2</sub>	5	20	70	0,85	0,37	0,82	0,66	0,49	0,46	0,34	0,57	0,57
OR <sub>2</sub>	5	35	70	0,88	0,24	0,91	0,88	0,55	0,45	0,34	0,56	0,60
OR <sub>2</sub>	5	50	70	0,96	0,00	0,89	0,97	0,65	0,51	0,38	0,61	0,62
OR <sub>3</sub>	5	10	80	0,85	0,41	0,80	0,68	0,72	0,72	0,71	0,69	0,69
OR <sub>3</sub>	5	20	80	0,90	0,34	0,86	0,74	0,76	0,77	0,78	0,74	0,74
OR <sub>3</sub>	5	35	80	0,92	0,22	0,86	0,93	0,86	0,86	0,87	0,86	0,80
OR <sub>3</sub>	5	50	80	1,00	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88

U tabeli 4.29. prikazane su vrednosti optimizacionih funkcija (F), optimalni procesni parametri t, T i c, kao i vrednosti trapeznih funkcija koje su pridružene izlaznim veličinama procesa osmotskog tretmana ( $\bar{x}$ ). Primećuje se da su vrednosti trapeznih funkcija u rasponu od 0-1, kao što je prikazano jednačinom [4.2.], a da optimizovana funkcija F predstavlja srednju vrednost izračunatih ocena za posmatrane uslove osmotske dehidracije.

Optimalne vrednosti procesnih parametara za rastvor OR<sub>1</sub> su na nižim temperaturama i pri nižim koncentracijama rastvora, dok su za osmotske rastvore OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> optimalne vrednosti na maksimumima posmatranih opsega temperature i koncentracije rastvora.



## 4.2. Karakterizacija osmotski dehidriranog poluproizvoda

Osmotskom dehidracijom se održavaju i unapređuju faktori kvaliteta dehidriranog proizvoda usled blagih temperaturnih režima sušenja i primene osmotskih rastvora specifičnog hemijskog sastava (*Mišljenović i sar., 2011*).

Kako bi se pojasnili efekti osmotskog tretmana na senzorne osobine, hemijski i mikrobiološki profil dehidriranog mesa ribe, primenjene su adekvatne analize.

### 4.2.1. Mikrobiološka analiza osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Mikroflora sveže izlovljene ribe zavisi od sadržaja mikroorganizama u vodi, koja je stanište ribe. Mikroorganizmi i njihovi metaboliti dovode do kvara ribe na više načina, stvaranjem različitih štetnih jedinjenja (*Ćirković i sar., 2015*).

Meso ribe, ukoliko je kontaminirano, može da prouzrokuje čitav niz različita oboljenja, a mogućnost pojave i rasta patogenih bakterija se javlja od trenutka ulova do finalne obrade i konzumacije. Poznavanje prirode glavnih patogena iz hrane omogućilo je razvoj kontrolnih mera koje se mogu implementirati u proizvodni proces i efikasno eliminisati ili značajno smanjiti rizik od kontaminacije.

Nakon procesa osmotske dehidracije,  $a_w$  vrednosti dehidriranih uzoraka mesa ribe (Tabele 4.1., 4.4., i 4.7.) su niže od graničnih vrednosti za rast većine mikroorganizama (*Vereš, 1991*), što je jasan pokazatelj pozitivnog uticaja procesa osmotske dehidracije na mikrobiološki profil osmotski dehidriranog mesa ribe.

U tabeli 4.30. prikazani su rezultati mikrobiološke analize uzoraka mesa ribe nakon 5 časova dehidracije u koncentrovanim osmotskim rastvorima. Ukupan broj bakterija iskazan je kao log CFU (Colony Forming Unit) u 1 g mesa, na osnovu dobijenog broja kolonija koji je pomnožen veličinom razređenja i podeljen sa brojem grama. Rezultati su dati u obliku srednjih vrednosti  $\pm$  standardne devijacije tri ponavljanja.

Rezultati mikrobioloških analiza osmotskih rastvora pre i nakon procesa osmotske dehidracije prikazani su u tabeli 4.31.

**Tabela 4.30.** Mikrobiološka analiza svežeg i osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Procesni parametri		Ukupan broj bakterija (log CFU <sup>1</sup> /g) $\bar{x} \pm Sd$	<i>Escherichia coli</i> (CFU/g)	Koagulaza Pozitivne stafilokoke (CFU/g)	Sulforedukujuće klostridije (CFU/g)
Sveže meso ribe		5,87±0,40	< 10	< 100	< 10
t=10°C	OR <sub>1</sub>	3,89±0,34	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	3,56±0,04	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	4,79±0,64	< 10	< 100	< 10
t=20°C	OR <sub>1</sub>	3,51±0,22	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	3,23±0,76	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	3,15±0,55	< 10	< 100	< 10
t=35°C	OR <sub>1</sub>	3,05±0,53	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	3,19±0,25	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	3,08±0,34	< 10	< 100	< 10
t=50°C	OR <sub>1</sub>	2,94±0,12	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	2,88±0,42	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	2,77±0,31	< 10	< 100	< 10

<sup>1</sup>CFU – Colony Forming Unit (broj jedinica koje formiraju kolonije)

**Tabela 4.31.** Mikrobiološka analiza osmotskih rastvora pre i nakon procesa dehidratacije

Procesni parametri		Ukupan broj bakterija (CFU <sup>1</sup> /g) $\bar{x} \pm Sd$	<i>Escherichia coli</i> (CFU/g)	Koagulaza pozitivne stafilokoke (CFU/g)	Sulforedukujuće klostridije (CFU/g)
Pre OD	OR <sub>1</sub>	<10	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	<100	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	<100	< 10	< 100	< 10
t=10°C	OR <sub>1</sub>	8291,11±2·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	7742,78±2,8·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	<100	< 10	< 100	< 10
t=20°C	OR <sub>1</sub>	5300±1,1·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	23000±2,3·10 <sup>3</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	<100	< 10	< 100	< 10
t=35°C	OR <sub>1</sub>	7033,33±7,9·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	3433,33±4,3·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	<100	< 10	< 100	< 10
t=50°C	OR <sub>1</sub>	4730,33±1,3·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>2</sub>	4100,57±2,6·10 <sup>2</sup>	< 10	< 100	< 10
	OR <sub>3</sub>	<100	< 10	< 100	< 10

<sup>1</sup>CFU – Colony Forming Unit (broj jedinica koje formiraju kolonije)

#### 4.2.1.1. Promena ukupnog broja bakterija u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima

Neposredno nakon ulova, mišićno tkivo ribe je sterilno, ali ubrzo postaje kontaminirano bakterijama sa površine tela i iz digestivnog trakta, jer zbog visokog sadržaja vode predstavlja povoljnu sredinu za razvoj mikroorganizama. Meso ribe najčešće kontaminiraju mikroorganizmi sa radnih površina i opreme, kao i ljudi koji manipulišu ribom (Babić, 2013).

Ukupan broj bakterija (UBB) u svežem mesu ribe, nakon ulova i pripreme uzoraka, iznosio je log cfu/g  $5,87 \pm 0,40$ . Posle osmotskog tretmana, vrednosti UBB u uzorcima mesa ribe bile su znatno niže (tabela 4.30). Ovi rezultati ukazuju da proces osmotske dehidratacije u velikoj meri doprinosi smanjenju inicijalnog broja bakterija u mesu ribe. Povećanje radne temperature dovodi do značajnog smanjenja prisutne mikroflore, usled nižih  $a_w$  vrednosti mesa ribe postignutih u procesima osmotske dehidratacije na višim temperaturama.

Do najvećeg smanjenja UBB došlo je u uzorcima ribe dehidriranim u OR<sub>3</sub>, osim na temperaturi od 10° C, usled velike viskoznosti melase šećerne repe.

Mikrobiološki profil dehidriranog mesa srebrnog karaša potvrđuje higijensku ispravnost procesa osmotske dehidratacije, čak i pri višim radnim temperaturama.

Nakon procesa osmotske dehidratacije povećao se ukupan broj bakterija u osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub>, dok je u OR<sub>3</sub> ostao nepromenjen (tabela 4.31). Melasa šećerne repe zbog svog kompleksnog hemijskog sastava i velikog sadržaja suve materije (tabela 3.1.) predstavlja nepovoljnu sredinu za razvoj mikroorganizama i samim tim higijenski prihvatljiv osmotski rastvor.

Kod višestruke upotrebe melase šećerne repe dolazi do razređenja osmotskog rastvora, pa kako bi se sprečila mikrobiološka kontaminacija mora se razmotriti uvođenje grube filtracije i pasterizacije rastvora (Mišljenović, 2012).

#### 4.2.1.2. Određivanje *Escherichia coli* u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima

*E. coli* spada u prilično otporne i veoma opasne mikroorganizme, a čest je kontaminant različitih životnih namirnica. Glavni izvor ovog patogena je čovek, a prisustvo u mesu ribe je indikator fekalnog zagađenja vode ili nehigijenske manipulacije u toku procesa prerade (Marriott i Gravani, 2006).

U svim uzorcima mesa ribe i svim osmotskim rastvorima (tabele 4.30. i 4.31.) nije detektovano prisustvo *Escherichia coli*, što je u saglasnosti sa zahtevima Pravilnika o opštim i posebnim uslovima higijene hrane (2010) za proizvode od mesa ribe.

#### **4.2.1.3. Određivanje koagulaza pozitivne stafilokoke u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima**

Značaj kontrole prisustva koagulaza pozitivne stafilokoke sa stanovišta bezbednosti hrane, proizilazi iz njihove sposobnosti da u prehrambenim proizvodima, formiraju stafilokokne enterotoksine (SE), koji mogu izazvati invazivne infekcije i alimentarne intoksikacije kod ljudi i životinja.

Regulative o mikrobiološkim kriterijumima za hranu, (EC) 2073/2005, (EC) 1441/2007, (EU) 365/2010, Zakon o bezbednosti hrane (*Sl. Glasnik RS*, 41/2009) i Pravilnik o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa (*Sl. glasnik RS* 72/10) daju pregled odgovarajućih kriterijuma i pravila o bezbednosti hrane, uključujući koagulaza pozitivne stafilokoke (*Lakićević i sar.*, 2012).

Prisustvo koagulaza pozitivne stafilokoke nije detektovano ni u jednom od analiziranih uzoraka mesa ribe i osmotskih rastvora (tabele 4.30. i 4.31.), što je potvrđuje higijensku i zdravstvenu ispravnost dobijenog dehidriranog poluproizvoda i primenjenog procesa.

#### **4.2.1.4. Određivanje sulfitoredujućih klostridija u uzorcima dehidriranog mesa srebrnog karaša i osmotskim rastvorima**

Sulfitoredujuće klostridije su široko rasprostranjene u životnoj sredini, usled formiranja spora, koje su otporne i na oštre uslove. Prisustvo ovih bakterija u hrani je indikator fekalne kontaminacije (*Lee i sar.*, 2012).

U svim analiziranim uzorcima mesa ribe i osmotskim rastvorima nije detektovano prisustvo sulfitoredujućih klostridija (tabele 4.30. i 4.31.), što je u saglasnosti sa zahtevima Pravilnika o opštim i posebnim uslovima higijene hrane (2010) za proizvode od mesa ribe. Ovi rezultati, još jednom, potvrđuju higijensku i mikrobiološku bezbednost procesa osmotske dehidracije mesa ribe.

#### 4.2.2. Hemijska analiza osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Procesom osmotske dehidracije menja se hemijski sastav uzorka, usled razmene materije između osmotskog rastvora i materijala koji se dehidrira. Iz tih razloga, odabir adekvatnog osmotskog rastvora je izuzetno važan faktor koji utiče na kvalitet dehidriranog proizvoda.

Osnovni hemijski sastav određen je za uzorke mesa ribe pre i nakon procesa dehidracije u osmotskim rastvorima maksimalnih koncentracija ( $OR_1=60\%$ ,  $OR_2=70\%$  i  $OR_3=80\%$ ), koji je trajao 5 sati, na temperaturi od  $20^\circ\text{C}$ .

U tabeli 4.32. prikazan je osnovni hemijski sastav mesa srebrnog karaša pre i nakon procesa osmotske dehidracije. Promena sadržaja minerala Na, K, Ca i Mg, u uzorcima mesa ribe tokom procesa osmotske dehidracije, već je detaljno opisana u poglavlju 4.1.2.

**Tabela 4.32.** Osnovni hemijski sastav mesa srebrnog karaša pre i nakon osmotskog tretmana

Hemijski pokazatelj	Sveže meso ribe	Osmotski rastvor		
		$OR_1$	$OR_2$	$OR_3$
Voda,%	$76,02 \pm 2,27$	$47,32 \pm 4,55$	$44,08 \pm 5,76$	$41,66 \pm 7,32$
Proteini,%	$11,04 \pm 1,99$	$22,32 \pm 4,03$	$27,31 \pm 7,75$	$30,66 \pm 8,88$
Fosfor,%	$8,09 \pm 0,21$	$6,07 \pm 1,02$	$6,36 \pm 0,94$	$7,98 \pm 1,23$
Masti,%	$3,85 \pm 0,44$	$4,36 \pm 0,38$	$4,29 \pm 0,97$	$4,34 \pm 0,78$
Pepeo,%	$3,47 \pm 0,04$	$8,34 \pm 1,27$	$7,84 \pm 0,98$	$7,52 \pm 0,71$
Saharoza,%	$0,00 \pm 0,00$	$4,74 \pm 0,06$	$7,28 \pm 0,99$	$8,74 \pm 0,42$
NaCl,%	$0,14 \pm 0,05$	$5,79 \pm 0,09$	$2,62 \pm 0,03$	$0,43 \pm 0,03$
Teški metali				
Olovo, mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Živa, mg/kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Kadmijum, mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

U svim osmotski tretiranim uzorcima mesa srebrnog karaša došlo je do povećanja sadržaja ugljenih hidrata, pepela, proteina, NaCl-a i masti. Takođe, u svim uzorcima nakon procesa dehidracije u osmotskim rastvorima  $OR_1$ ,  $OR_2$  i  $OR_3$ , smanjen je sadržaj vode i fosfora, dok je sadržaj olova, žive i kadmijuma ostao nepromenjen.

Najveći sadržaj saharoze ( $8,74 \pm 0,42\%$ ) određen je u mesu ribe dehidriranom u osmotskom rastvoru  $OR_3$ , što je posledica velikog sadržaja saharoze u melasi šećerne repe (tabela 3.1.).

Sadržaj vode smanjio se u svim dehidriranim uzorcima mesa, a najizraženije smanjenje sadržaja vode je u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru OR<sub>3</sub>, 41,66±7,32% (tabela 4.32.). Kako je melasa šećerne repe osmotski rastvor sa najvećim sadržajem suve materije (80%) i očekivano je da se pokaže kao najefikasniji hipertonični medijum. Uticaj osmotskih rastvora na smanjenje sadržaja vode i povećanje priraštaja suve materije u mesu ribe detaljno je opisan u poglavlju 4.1.1.

U svim dehidriranim uzorcima ribe povećao se sadržaj pepela sa 3,47±0,04% na 8,34±1,27% , 7,84±0,98% i 7,52±0,71% u uzorcima dehidriranim u OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, respektivno.

Nakon procesa osmotske dehidratacije usled smanjenja sadržaja vode povećao se procentualni udeo proteina i masti u svim uzorcima dehidriranog mesa ribe.

Najveći sadržaj proteina postignut je u uzorcima dehidriranim u OR<sub>3</sub> (30,66±8,88%), nešto manji sadržaj u uzorcima dehidriranim u OR<sub>2</sub> (27,31±7,75%), a najmanje povećanje proteina određeno je u uzorcima dehidriranim u OR<sub>1</sub> (22,32±4,03%).

Sadržaj masti u uzorcima ribe (3,85±0,44%) povećao se gotovo ujednačeno za sva tri osmotska rastvora (4,36±0,38% za OR<sub>1</sub>, 4,29±0,97% za OR<sub>2</sub> i 4,34±0,78% za OR<sub>3</sub>).

Proces osmotske dehidratacije doveo je do povećanja sadržaja natrijum hlorida u svim uzorcima dehidriranog mesa ribe. Povećanje sadržaja natrijum hlorida najveće je u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru OR<sub>1</sub> (5,79±0,09%), zatim u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub>.

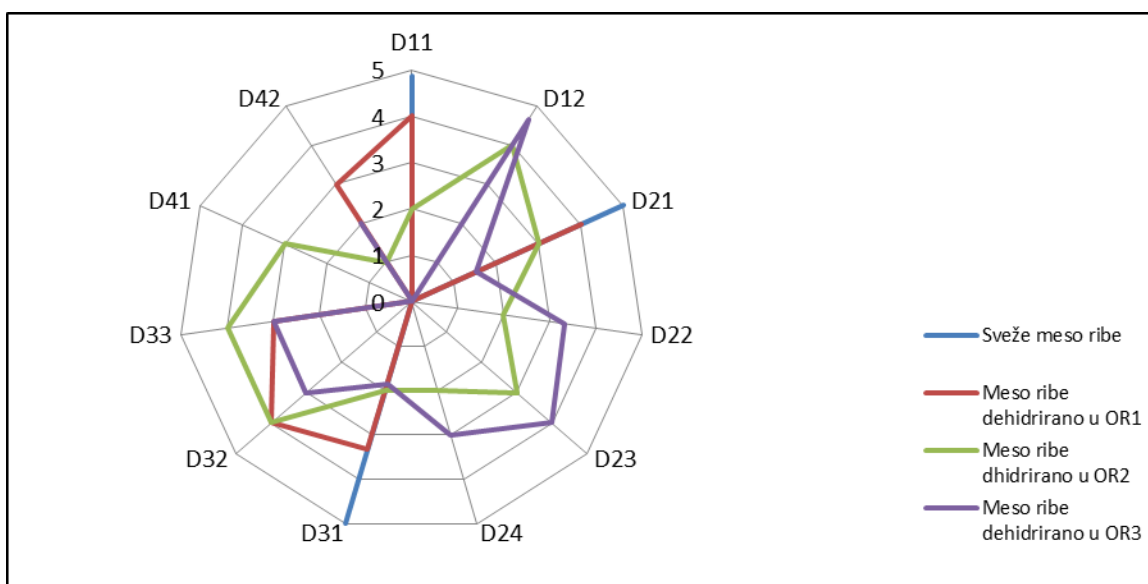
Prekomeran unos soli (više od 5g dnevno) može uticati na pojavu različitih kardiovaskularnih i cerebrovaskularnih oboljenja i drugih zdravstvenih poremećaja (ostoporoza, astma, gojaznost itd.) (Popović, 2013).

U poređenju sa uzorcima dehidriranim OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> povećanje sadržaja natrijum hlorida u uzorcima dehidriranim u OR<sub>3</sub> je gotovo nezatno (0,43±0,03%), što je veoma povoljno sa zdravstvenog aspekta.

#### 4.2.3. Senzorska analiza osmotski dehidriranog mesa srebrnog karaša

Senzorska analiza je standardan i prihvaćen način ocene kvaliteta mesa ribe. Ovom analizom je moguće ocenjivati više parametara odjednom, ali nedostatak senzorskih analiza je u subjektivnosti, jer zavise od individualnih ocena, ličnih stavova, kao i poteškoća tokom ocene proizvoda (*Perera i sar., 2010*).

Kako bi se ispitala prihvatljivost dobijenog poluproizvoda nakon procesa osmotske dehidracije urađena je senzorska ocena svežeg i osmotski dehidriranog mesa ribe u sva tri osmotska rastvora. Ocenjena su četiri faktora kvaliteta: boja, aroma, ukus i zaostali ukus. Na slici 4.33. su prikazani rezultati deskriptivne senzorske analize.



**Slika 4.33.** Senzorska ocena svežeg i osmotski dehidriranog mesa ribe, D1-boja, D2-aroma, D3-ukus i D4-zaostali ukus

Boja je jedan od najvažnijih parametara kvaliteta izgleda mesa sušene ribe, jer negativna promena boje smanjuje cenu finalnog proizvoda na tržištu (*Kuzmanović, 2013*).

Rezultati deskriptivne senzorske analize boje ukazuju na veliki uticaj rastvora melase šećerne repe na promenu boje mesa ribe od karakteristične D11-sivkasto bele u D12- smeđe crvenu. U uzorcima ribe dehidriranim u OR<sub>3</sub>, smeđe crvena boja bila je najintezivnija, D12=5, dok se u uzorcima dehidriranim u OR<sub>2</sub>, takođe uočava uticaj melase na promenu boje, nešto slabijeg inteziteta D12=4.



Usled velikog sadržaja melanoidina i drugih proizvoda karamelizacije mrka boja melase pozitivno utiče na promenu boje mesa ribe, što se može u praksi iskoristiti za eliminisanje upotrebe štetnih nitritnih soli, koje se u tu svrhu primenjuju (Filipović, 2013).

Boja osmotski dehidriranog mesa ribe u OR<sub>1</sub> (D11=4) se nije značajnije promenila u odnosu na boju svežeg mesa ribe (D11=5).

Senzoska analiza arome ukazuje na visoku vrednost deskriptora D24=5, za sveže meso ribe i D24=4 za meso ribe dehidrirano u OR<sub>1</sub>, dok su uzorci dehidrirani u osmotskim rastvorima OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> imali kompleksniju aromu.

U uzorcima dehidriranim u OR<sub>2</sub> opažena je aroma svežeg mesa ribe (D21=3), aroma dima (D22=2), aroma melase (D23=3) i aroma karamela (D24=1). Značajna promena arome osmotski dehidriranog mesa ribe u OR<sub>2</sub> u odnosu na uzorke mesa ribe dehidrirane u OR<sub>1</sub> i sveže meso ribe, posledica je kompleksne arome melase koja ulazi u sastav ovog osmotskog rastvora.

Meso ribe dehidrirano u melasi šećerne repe imalo je najizraženiju promenu arome na melasu (D23=4) uz aromu na karamel (D22=3,4) i na dim (D24=2).

Senzorska analiza ukusa pokazala je da nakon procesa osmotske dehidratacije dolazi do promene ukusa i zaostalog ukusa mesa ribe dehidriranog u sva tri osmotska rastvora. Promene ukusa dehidriranog mesa ribe posledica su priraštaja suve materije, usled difuzije rastvorka iz osmotskih rastvora u uzorke mesa ribe.

Sveže meso ribe bilo je karakterističanog ukusa ribe (D31=5) i bez zaostalog ukusa.

Meso ribe dehidrirano u OR<sub>1</sub> zadržalo je ukus na sveže meso ribe (D31=3), ali je ujedno došlo do porasta vrednosti deskriptora za ukus na slatko (D32=4) i porasta vrednosti deskriptora za ukus na slano (D33=3). Opažen je i za ostali opor ukus (D42=3). Porast sadržaja saharoze i NaCl u mesu ribe, usled osmotskog tretmana u OR<sub>1</sub>, usloveli su ovakav ukus dehidriranog poluproizvoda.

Kompleksni hemijski sastav osmotskog rastvora OR<sub>2</sub> uticao je na pojavu slabog ukusa na sveže meso ribe (D31=2), a izraženog ukusa na slatko (D32=4) i slano (D33=4) uz zaostali ukus na gorako (D41=3) i oporo (D42=1).

Uzorci mesa ribe dehidrirani u melasi šećerne repe imali su nešto blaže izražen ukus na slatko (D32=3) i slano (D33=3), dok je zaostali ukus bio blago opor (D42=2).

Senzorskom ocenom dehidriranih uzoraka ribe utvrđeno je da proces osmotske dehidratacije u velikoj meri utiče na promenu arome i ukusa dehidriranog mesa ribe.

Najizraženija promena senzorskih deskriptora, u odnosu na sveže meso ribe, uočena je u uzorcima dehidriranim u osmotskim rastvorima sa melasom šećerne repe.

Kako bi se unapredio senzorski kvalitet osmotski dehidriranog poluproizvoda, potrebna je korekcija arome i ukusa u procesu finalizacije proizvoda. Sezorske osobine i trajnost dehidriranih proizvoda od ribe mogu se unaprediti dodatkom različitih začina, biljnih ekstrakata i aroma (*Kiin-Kabari i sar., 2011; Shah i sar.,2014*).

Dehidrirani riblji poluproizvod nakon procesa dehidratacije, uz izvesne korekcije senzorskih osobina, može se, upotrebiti kao punjenje u različitim pekarskim proizvodima, za dobijanje zdravih ekstrudiranih snek proizvoda, proteinskih pločica, ribljih štapića, pašteta i ribljih kobasica.

## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu hemometrijskih analiza rezultata istraživanja u okviru izrade ove teze, može se zaključiti sledeće:

- Primenom procesa osmotske dehidracije povećan je gubitak vode, priraštaj suve materije i sadržaj suve materije u svim uzorcima mesa srebrnog karaša. Za sva tri osmotska rastvora, najveće vrednosti WL, SG i DM dobijene su nakon 5 časova trajanja procesa, pri najvišim radnim temperaturama ( $t=50^{\circ}\text{C}$ ) i u najvećim koncentracijama osmotskih rastvora ( $\text{OR}_1=60\%$  s.m.,  $\text{OR}_2=70\%$  s.m.,  $\text{OR}_3=80\%$  s.m.).
- Najveći gubitak vode nakon procesa osmotske dehidracije iz uzoraka mesa srebrnog karaša postignut je u osmotskom rastvoru  $\text{OR}_3$ ,  $0,566\pm 0,005$  g/g p.u..
- Najveći priraštaj suve materije nakon procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša, imali su uzorci dehidrirani u osmotskom rastvoru  $\text{OR}_2$ ,  $0,146\pm 0,002$  g/g p.u..
- Povećanje sadržaja suve materije najveće je u uzorcima dehidriranim u  $\text{OR}_3$ ,  $66,302\pm 0,942$  g/g p.u.. srebrnog karaša, a najniža  $a_w$  vrednost,  $0,833\pm 0,010$ , bila je u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru  $\text{OR}_3$ , što znači da se postupkom osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša značajno ograničava rast i razvoj većine bakterija i kvasaca, osim za neke plesni i osmofilne kvasace.
- Povećavanjem temperature procesa, koncentracije osmotskih rastvora i vremena trajanja procesa, povećan je sadržaj minerala u tretiranom mesu srebrnog karaša.
- U procesu osmotske dehidracije povećan je sadržaj Na u svim uzorcima mesa srebrnog karaša. Sadržaj K, Ca i Mg povećao se u uzorcima mesa ribe dehidriranim u osmotskim rastvorima  $\text{OR}_2$  i  $\text{OR}_3$  dok je u uzorcima dehidriranim u osmotskom rastvoru  $\text{OR}_1$  smanjen sadržaj svih ovih katjona.
- Rezultati ANOVA testa posmatranih odziva procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša u hipertoničnim rastvorima  $\text{OR}_1$ ,  $\text{OR}_2$  i  $\text{OR}_3$  pokazali su da na vrednosti WL, SG,  $a_w$  i DM statistički značajno utiču sva tri parametra: vreme, temperatura i koncentracija.

- PCA analizom procesa osmotske dehidracije mesa srebrnog karaša utvrđeno je da su pri izračunavanju prve glavne komponente najveći uticaj imale WL, SG, DM, Na, K, Ca i Mg za sva tri osmotska rastvora, dok je  $a_w$  vrednost najviše uticala na proračun druge glavne komponente.
- PCA analizom potvrđeno je da osmotskom dehidracijom u rastvoru OR<sub>1</sub> dolazi do povećanja WL, DM, SG i Na, a smanjuje se  $a_w$  vrednost i sadržaj K, Ca i Mg u uzorcima mesa tretirane ribe, dok se dehidracijom u osmotskom rastvoru OR<sub>2</sub> kao i u OR<sub>3</sub>, smanjuje  $a_w$  vrednost, a povećavaju se svi drugi posmatrani odzivi u osmotski dehidriranom mesu srebrnog karaša.
- Poređenjem  $r^2$  vrednosti kod dobijenih SOP i ANN modela za osmotske rastvore OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> obe vrste modela mogu se koristiti za predviđanje izlaza. Iako su ANN modeli kompleksniji od SOP modela, mreže su pokazale bolji učinak usled visoke nelinearnosti razvijenih sistema.
- Na osnovu analize osetljivosti može se zaključiti da su WL i SG (za rastvore OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>) osetljiviji na male promene temperature, dok su promene na T i c iste. Mala povećanja vrednosti t, T ili c, dovode do povećavanja  $a_w$  vrednosti, i vrednosti DM. Rezultati analize osetljivosti, poklapaju se sa PCA, ANOVA analizom SOP modela, kao i sa eksperimentalnim rezultatima.
- Primenom fazi optimizacije postignute optimalne vrednosti procesnih parametara za rastvor OR<sub>1</sub> su bile na nižim temperaturama i pri nižim koncentracijama rastvora, dok su za rastvore OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub> optimalne vrednosti na maksimumima posmatranih opsega temperature i koncentracije rastvora.
- Procesom osmotske dehidracije smanjen je inicijalni broj bakterija u mesu srebrnog karaša dehidriranom u sva tri osmotska rastvora. Kao najefikasniji pokazao se osmotski rastvor OR<sub>3</sub>, što pokazuje da melasa šećerne repe predstavlja nepovoljnu sredinu za razvoj mikroorganizama, a samim tim sa higijenskog aspekta prihvatljiv osmotski rastvor.

- Mikrobiološkim analizama mesa srebrnog karaša i osmotskih rastvora, pre i nakon procesa osmotske dehidracije, nije detektovano prisustvo *E. coli*, koagulaza pozitivne stafilokoke i sulfitoredukujućih klostridija.
- Hemijskim analizama utvrđeno je da u osmotski tretiranim uzorcima mesa srebrnog karaša, nakon procesa dehidracije u osmotskim rastvorima OR<sub>1</sub>, OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>, dolazi do povećanja sadržaja saharoze, pepela, proteina, NaCl-a i masti, smanjenja sadržaja vode i fosfora, dok se sadržaj olova, žive i kadmijuma ne menja.
- Melasa šećerne repe zbog svog kompleksnog nutritivnog sastava povoljnije je delovala na promenu hemijskog sastava uzoraka u odnosu na druga dva rastvora OR<sub>1</sub> i OR<sub>2</sub> u pogledu sadržaja vode, NaCl, proteina i masti.
- Senzorskom ocenom osmotski tretiranih uzoraka ribe utvrđeno je da proces osmotske dehidracije utiče na promenu arome, boje i ukusa tretiranog mesa ribe. Najizraženija promena senzorskih deskriptora, u odnosu na sveže meso ribe, uočena je u uzorcima tretiranim u osmotskim rastvorima sa melasom šećerne repe (OR<sub>2</sub> i OR<sub>3</sub>).

## 6. LITERATURA

- Abdi, H., Williams L.J. (2010).** Principal component analysis, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2, 433–459.
- Aberouman A. (2010).** The effect of water activity of preservation quality of fish, a review. *World Journal of Fish and Marine Science*, 2 (3), 221-225.
- Adams, M.R., Moss, M.O. (1997).** Food Microbiology. Redwood books Ltd. Trowbridge, Wiltshire.
- Alsalvar, C., Taylor, K.D.A., Zubcov, E., Shahidi, F., Alexis M., (2002).** Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus Labrax*) total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79 (2), 145-150.
- AOAC (2000).** Official Methods of Analysis. Washington, USA.
- Arsenović, M., Radojević, Z., Stanković, S., Lalić, Ž., Pezo, L. (2013).** What to expect from heavy clay, *Ceramics International*, 39, 1667-1675.
- Arts M.T., Ackman R.G., Holub B.J. (2001).** „Essential fatty acids” in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 122–137.
- Azoubel, P. M., Murr, F. E.X. (2000).** Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum var. cerasiforme*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 20 (2).
- Azoubel, P.M., Murr F.E.X. (2004).** Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato, *Journal of Food Engineering*, 61, 291-295
- Azuara, E., Cortés, R., Garcia, H. S., Beristain, C. I. (1992).** Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick’s second law, *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 409-418.
- Azura E., Garcia H.S., Beristain C. I. (1996).** Effect of centrifugal force on osmotic dehydration of potatoes and apples. *Food Research International*, 29, 195 – 199.
- Babić, J. (2013).** Usporedno ipitivanje parametara kvaliteta u toku skladištenja odrezaka šarana pakovanih u vakuumu i modifikovanoj atmosferi, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Fakultet Veterinarske Medicine, Beograd.

- Balat, M., Balat, H., Öz, C. (2008).** Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34, 551-573.
- Baltić, M., Teodorović, V. (1997).** Higijena mesa, riba, rakova i školjki, Veterinarski fakultet, Beograd.
- Basheer, L.A., Hajmeer, M. (2000).** Artificial neural networks: Fundamentals, computing, design and application, *Journal of Microbiological Methods*, 43, 3-31.
- Bechtel, P.J. (2001).** Snack Foods of Animal Origin, chapter 15 in *Snack Food Processing*, edited by Lusas, E.D, Rooney, L.W.: CRC Press.
- Begum, M., Begum, M., Shakir uddin Ahmed, Akter. T. (2013).** Studies on the Effectiveness of Tejpata (*Cinnamomum tamala Nee*) Leaf Extract on Dried Kachki (*Corica soborna*) Fish Preservation in Laboratory Condition. *American Journal of Food Science and Technology*, 1, 14-17.
- Bekele, Y., Ramaswamy, H. (2010).** Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings, *Journal of Applied Sciences and Technology*, 1(1), 1-15.
- Beristain, C.I., Azuara, E., Cortés, R., Garcia, H.S. (1990).** Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings, *International Journal of Food Science & Technology*, 25(5), 576–582.
- Biswal, R.N., Bozorgmehr K., Tompkins F.D., Liu X. (1991).** Osmotic concentration of green beans prior to freezing, *Journal of Food Science*, 56, 1008- 1012.
- Bogut, I., Opačak, A., Stević, I., Bogut, S. (1996).** Nutritivna i protektivna vrijednost riba s osvrtnom na omega-3 masne kiseline. *Ribarstvo* 54, 1, 21-38.
- Bosc, P., Kraft, D. H., Petry, F. (2005).** Fuzzy sets in database and information systems, status and opportunities, *Fuzzy Sets and Systems*, 156 (3), 418-426.
- Box G.E.P., Behnken D.W. (1960).** Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables. *Technometrics*, 2 (4), 455-475.
- Box, G.E.P., Draper, N.R. (1987).** Empirical model building and response surface. New York: John Wiley and Sons.
- Brkić, B. (1967).** Hemijski sastav i hranljiva vrednost ribljeg mesa. *Tehnologija mesa*, 8 (6), 174-177.
- Brlek, T., Pezo, L., Voća, N., Krička, T., Vukmirović, Đ., Čolović, R., Bodroža-Solarov, M. (2013).** Chemometric approach for assessing the quality of olive cake pellets, *Fuel Processing*

*Technology*, 116, 250-25.

**Burt, J.R., Hardy, R. (1992).** Composition and deterioration of pelagic fish. In *Pelagic Fish: The Resource and its Exploitation* (ed. Burt, J.R., Hardy, R. and Whittle, K.J.). Fishing News Books, Oxford, UK, 115–141.

**BS EN 15763:2009.** Foodstuffs. Determination of trace elements. Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in foodstuffs by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) after pressure digestion.

**Byrne, H., Nesvadba, P., Hastings, R. (2001).** Osmotic and Diffusional Treatments for Fish Processing and Preservation, Chapter 10 in: *Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation: Applications in Food Industries*, Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Spiess, W.E.L., Behnilian, D. Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania.

**Cakmak, Y. S., Zengin, G., Guler, G. O., Aktumsek A. i Ozparlak H. (2012).** Fatty acid composition and  $\omega_3/\omega_6$  ratios of the muscle lipids of six fish species in Sugla lake, Turkey, *Archives of Biological Sciences*, 64 (2), 471-477.

**Calder P. C. (2001).** Polysaturated fatty acids, inflammation and immunity. *Lipids*, 36, 1007–1024.

**Charambous, C. (1992).** Conjugate gradient algorithm for efficient training of artificial neural networks, *IEEE Proceedings*, 139, 301-310.

**Chavan, U.D., Amorowicz, R. (2012).** Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables, *Journal of Food Research*, 1, 202-209.

**Chirife, J., Fontana, Jr. A.J. (2007).** Introduction: Historical Highlights of Water Activity in Water Activity in Foods *Fundamentals and Applications*, Barbosa-Cánovas, G.V., Fontana, Jr., A.J., Schmidt, S.J., Labuza, T.P. (Edt.), Blackwell Publishing.

**Cheow, C.S., Kyaw, Z.Y., Howell, N.K., Dzulkifly, M.H. (2005).** Relationship between physicochemical properties of starches and expansion of fish cracker (keropok). *Journal of Food Quality*, 27(1). 1-12.

**Collignan A., Raoult-Wack A.L. (1994).** Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions. *LTW-Food Science and Technology*, 27, 259-264.

**Collignan A., Bohuon P., Deumier F., Poligne, I. (2001).** Osmotic treatment of fish and meat products, *Journal of Food Process Engineering*, 49, 153-162.

**Conway J, Castaigne F, Picard G, Vovan X. (1983).** Mass transfer considerations in the osmotic



dehydration of apples, *Canadian Institute of Food Science Technology Journal*, 16, 25-29.

**Corzo O., Bracho N. (2005).** Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets Zugarramurdi and Lupín model. *Journal of Food Engineering*, 66 (1), 51-56.

**Cox, D.R., Reid, N. (2000).** The theory of design of experiments. Chapman & Hall, Great Britain.

**Ćirković M., Trbović D., Ljubojević D., Djordjević V. (2011).** Meat quality of fish farmed in polyculture in carp ponds in Republic of Serbia. *Meat technology* 52, 106–121.

**Ćirković, M., Ljubojević, D., Novakov, N., Đorđević, V. (2015).** Gajenje i kvalitet mesa šaranskih riba, Naučni institut za veterinarstvo Novi Sad.

**Ćurčić, B., Filipović, V., Nićetin, M., Pezo, L., Koprivica, G., Kuljanin, T., Šuput, D. (2012).** Otimization of pork osmotic dehydration process using fuzzy synthetic evaluation, XV International Feed Technology Symposium “Feed-to-Food”/Cost Feed for Health Joint Workshop, Novi Sad, 2012, University of Novi Sad, Institute of Food Technology, Proceedings, ISBN 978-86-7994-032-2, 260-265.

**Ćurčić, B., Pezo, L., Lević, Lj., Knežević, V., Nićetin, M., Filipović, V., Kuljanin, T. (2013).** Osmotic dehydration of pork meat cubes: Response surface method analysis, *Acta periodica Technologica*, 44, 11-19.

**Ćurčić, B.LJ., Pezo, L.L., Filipović, V.S., Nićetin, M.R., Knežević, V. (2014).** Osmotic treatment of fish in two different solutions-artificial neural network model, *Journal of Food Processing and Preservation*, article first published online, doi: 10.1111/jfpp.12275.

**Ćurčić B., Filipović V., Nićetin M., Mišljenović N., Pezo L. (2014a).** Evaluation of mass transfer kinetics and efficiency of osmotic dehydration of pork meat, *Acta Univeritatis Sapientiae, Alimentaria*, 7, 63-72.

**Curtin L.V. (1983).** Molasses in Animal Nutrition, Molasses - General Considerations, National Feed Ingredients Association West Des Moines, Iowa.

**Cvetković, B. (2014).** Primena tehnoloških postupaka spontane fermentacije i osmotske dehidracije za unapređenje nutritivnog profila, senzornih svojstava i održivosti kupusa, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.

**Della Rosa, M., Giroux F. (2001).** Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management, *Journal of Food Engineering*, 49, 223-236.

**Demuth, H., Beale, M. (1992).** Neural Network Toolbox: For use with Matlab, The Math-Works, Inc., Natick, MA, USA.

- Dueik, V., Bouchon, P. (2011).** Development of Healthy Low-Fat Snacks: Understanding the Mechanisms of Quality Changes During Atmospheric and Vacuum Frying, *Food Reviews International*, 27(4), 408-432.
- Doe, E.P. (2002).** Fish drying, chapter 18 in Safety and Quality Issues in Fish Processing, ed. Bremner, A., Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- El-Aouar, A.A., Azoubel, M.P., Barbosa, L.Jr.J., Murr F.E.X. (2006).** Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica Papaya L.*). *Journal of Food Engineering*, 75, 267-274.
- Elyasi, A., Zakipour Rahim Abadi, E., Sahari, M. A., Zare, P. (2010).** Chemical and microbial changes of fish fingers made from mince and surimi of common Carp (*Cyprinus carpio L.*, 1758), *International Food Research Journal*, 17, 915-920.
- Eren, I., Kaymak-Ertekin, F. (2007).** Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 79, 344-352.
- Erlen I., Kaymak-Ertekin F. (2009).** Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 79, 344-352.
- Erple, M., (2008).** Understanding factors affecting flesh quality in farmed fish. In: Øyvind Lie (Ed.) Improving farmed fish quality and safety. Woodhead Publishing Cambridge, England, 2008, 241–264.
- Falade, K.O., Igbeka J.C., Ayanwuyi, F.A. (2007).** Kinetics of mass transfer and color changes during osmotic dehydration of watermelon, *Journal of Food Engineering*, 80, 979-985.
- Fedajev, A., Mihajlović, V. (2009).** Neuronske mreže kao metod multivarijacione analize, Studijski istraživački rad, Ekonomski fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Fernández-Salguero, J., Gómez, R., Carmona, M.A. (1993).** Water in Selected High-Moisture Foods, *Journal of Food Composition and Analysis*, 6, 364-369.
- Filipčev, B. (2009).** Nutritivni profil, antioksidacioni potencijal i senzorski kvalitet specijalnih vrsta hlebova sa dodatkom melase šederne repe, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Filipčev, B., Šimurina, O., Mišljenović, N., Koprivica, G. (2009).** Effects of osmotically dehydrated apples and plums in sugar beet molasses on dough thermomechanical properties and bread quality parameters. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 13 (2), 174-177.
- Filipčev, B., Lević, L.J., Bodroža-Solarov, M., Mišljenović, N., Koprivica, G. (2010).** Quality

characteristics and antioxidant properties of breads supplemented with sugar beet molasses-based ingredients. *International Journal of Food Properties*, 13, 1035 – 1053.

**Filipović V., Ćurčić B., Nićetin M., Plavšić D., Koprivica G., Mišljenović N. (2012).** Mass transfer and microbiological profile of pork meat in two different osmotic solutions. *Hemijska industrija*, 66, 743-748.

**Filipović, V. (2013).** Uticaj procesa osmotske dehidracije na prenos mase i kvalitet mesa svinja, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.

**Filipović, V., Lević, Lj., Ćurčić, B., Nićetin, M., Pezo, L., Mišljenović, N. (2013).** Optimization of mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pork meat cubes in complex osmotic solution, *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 20 (3), 305-314.

**Filipović, V., Lević, Lj. (2014).** Kinetika procesa osmotske dehidracije i uticaj na kvalitet svinjskog mesa, monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.

**Fito P., Pastor R. (1994).** Studies on some non diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 21, 513-519.

**Flink J.M. (1979).** Dehydrated carrot slices: influence of osmotic concentration on drying behavior and product quality. In: *Food Process Engineering*. Linko, P, Malki Y, Olkku J, Larinkari J, Fito P, Ortega E, Barbosa G, (Eds.). Applied Science Publishers, London, 412-418.

**FINSLab-5.4-3M-005** - Određivanje ukupnog sadržaja žive u hrani i hrani za životinje EPA Method 7473;

**Gandotra, R., Sharma, S. Koul, M., Gupta, S.. (2012).** Effect of Chilling and Freezing on Fish Muscle. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSRJPBS)*, 2, 5-9.

**Gemperline, P. J. (2006).** Practical Guide to Chemometrics, Taylor & Francis Group, London.

**Gracia-Segovia, P., Mognetti, C., Andres-Bello, A., Martinez-Monzo, J. (2010).** Osmotic dehydration of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Journal of Food Engineering*, 97, 154-160.

**Gram, L. and H. H Huss. (2000).** Fresh and processed fish and shellfish. (In “the microbiological safety and quality of food”. Lund, B. M., T. C. Baird- Parker and G. W. Gould. Eds). An Aspen publication, Inc. Gaithersburg, Maryland. 472-506.

**Grbić, S., M. (2014).** Usporedno ispitivanje odabranih parametara kvaliteta marinirane skuše pakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, 10-26.

**Grieu, S., Faugeron, O., Traoré, A., Claudet, B., Bodnar, J.L. (2011).** Artificial intelligence

tools and inverse methods for estimating the thermal diffusivity of building materials, *Energy and Buildings*, 43, 543-554.

**Grieu, S., Traoré, A., Polint, M., Colprim, J. (2005).** Prediction of parameters characterizing the state of a pollution removal biological process, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 18 (5), 559-573.

**Gubić, J., Plavšić, D., Čurčić, B., Nićetin, M., Lević, Lj., Šarić, Lj., Cvetković, B. (2012).** Changes in nutritive quality of pork meat osmotic dehydration in sugar beet molasses and aqueous solution of sodium chloride, sucrose and sugar beet molasses, 6th Central European Congress on Food, CEFood 2012, 23-26 may, 2012, Novi Sad, Serbia, ISBN 978-86-7994-027-8, 851-856.

**Gudmundsdóttir, G., Stefánsson G. (1997).** Sensory and Chemical Changes in Spice-salted Herring as Affected by Handling. *Journal of Food Science*, 62, 894–897.

**Hänfling, B., Bolton, P., Harley, M., Carvalho, G.R. (2005).** A molecular approach to detect hybridisation between crucian carp (*Carassius carassius*) and non-indigenous carp species (*Carassius spp. and Cyprinus carpio*). *Freshwater Biology*, 50, 403–417.

**Haris, J. (2006).** Fuzzy logic application in engineering science, Springer.

**Herrero, A. (2008).** Raman Spectroscopy for Monitoring Protein Structure in Muscle Food Systems, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48 (6), 512-523.

**Honikel, K.O. (1999).** Biohemijske i fizičko-hemijske karakteristike kvaliteta mesa. *Tehnologija mesa*, 40 (3–5), 105–123.

**Honikel, K. O. (2004).** Conversion of muscle to meat. In W. K. Jensen, C. E. Devine, M. Dikeman (Eds.), *Encyclopedia of meat sciences*. : Elsevier Academic Press.

**Hornik, K., Stinchcombe, M., White, H. (1989).** Multi-layer feed forward networks are universal approximation, *Neural Networks*, 2, 359-366.

**Houlihan D. F., Carter C. G., McCarthy I. D., (1995).** Protein synthesis in fish. In.: *Biochem Molecular Biolol. Fish.* (Eds: Hochachka PW and Mommsen ID), Elsevier Science, Amsterdam, 191–219.

<http://www.chem.wisc.edu/deptfiles/genchem/ssutorial/Text11/Tx112/tx112.html>

<http://www.earthlife.net/fish/muscles.html>

[http://www.nordzucker.de/uploads/pics/melasse\\_05.jpg](http://www.nordzucker.de/uploads/pics/melasse_05.jpg)

<http://www.ssveterinarskazg.skole.hr/wpcontent/uploads/2013/03/MI%C5%A0I%C4%86NI-SUSTAV-KRVO%C5%BDILNI-I-LIMFNI-SUSTAV-I-DINI-SUSTAV.pdf>

<http://www.sugartech.co.za/solubility/index.php>

[http://www.prosafebeef.eu/images/assets/osmofood\\_leaflet.pdf](http://www.prosafebeef.eu/images/assets/osmofood_leaflet.pdf)

[http://www.militaryfood.org/newsite/wp-content/uploads/2012/08/NPD\\_FPETT\\_Farhadi.pdf](http://www.militaryfood.org/newsite/wp-content/uploads/2012/08/NPD_FPETT_Farhadi.pdf)

<http://www.tehnologijahrane.com/pravilnik/pravilnik-o-kvalitetu-pekarskih-proizvoda>

<http://www.nielsen.com/us/en/press-room/2014/global-snack-food-sales-reach-374-billion-annually.html>

<http://image.slidesharecdn.com/chapter014e-100826123605-phpapp02/95/chapter-01-power-points-6-728.jpg?cb=1282844254>

[http://sp.uconn.edu/~bi102vc/1102fall10/Images/muscle\\_structure.jpg](http://sp.uconn.edu/~bi102vc/1102fall10/Images/muscle_structure.jpg)

[http://images.slideplayer.com/10/2740374/slides/slide\\_10.jpg](http://images.slideplayer.com/10/2740374/slides/slide_10.jpg)

**Huss, H. H. (1995).** Quality and quality changes in fresh fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) fisheries technical paper, Roma.

**Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005).** Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194–204.

**Ikonić, B. (2011).** Modelovanje i optimizacija procesa mikrofiltracije suspenzija pšeničnog skroba, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet. Novi Sad:

**Islam, M. N., Flink, J. N. (1982).** Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. *Journal of Food Technology*, 17, 387-403.

**Ivanović, J., Đurić, J., Bošković, M., Marković, R., Baltić, Ž.M., Đorđević, V., Grbić, S. (2014).** Uticaj soljenja i mariniranja na mikrobiološki status i hemijski sastav skuše upakovane u modifi kovanu atmosferu, *Tehnologija mesa*, 55(2), 169–175.

**ISO 11292:1995.** Determination of free and total carbohydrate contents - Method using high-performance anion-exchange chromatography.

**ISO 15213: 2003.** Mikrobiologija hrane i hrane za životinje. Horizontalna metoda za određivanje broja sulfitoredujućih klostridija zasejanih pod anaerobnim.

**İspir A., Toğrul T. (2009).** The influence of application of pretreatment on the osmotic dehydration of apricots. *Journal of Food Processing and Preservation*. 33, 58-74.

**İzci, L. (2010).** Utilization and Quality of Fish Fingers from Prussian Carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), *Pakistan Veterinary Journal*, 30, 4, 207-210.

**Jain, S.K., Verma, R.C., Murdia, L.K., Jain, H.K. (2011).** Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. *Journal of Food Science and Technology*. 48, 211-217.

- Johnson, G.H., Anderson, G.H. (2010).** Snacking Definitions: Impact on Interpretation of the Literature and Dietary Recommendations, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(9), 848-871.
- Kalous, L., Bohlen, J., Rylková, K., Petrtýl, M. (2012).** Hidden diversity within the Prussian carp and designation of a neotype for *Carassius gibelio* (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 23 (1), 11-18.
- Kessler, H.G. (2002).** Food and Bioprocess Engineering – Dairy Technology. München: Verlag A.Kessler (Publishing House A. Kessler).
- Khatir, A., Acheheb, H., Malek, A., Ferradji, A. (2013).** Optimization of osmotic dehydration of orange pieces (*valencia late*) in sugar solution using response surface methodology, *Revue des Energies Renouvelables*, 16 (2), 247 – 256.
- Khoyi, M.R., Hesari, J. (2007).** Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution, *Journal of Food Engineering*, 78 (4), 1355-1360.
- Kiin-Kabari D.B., Barimalaa I.S., Achinewhu S.C., Adeniji T.A. (2011).** Effects of extract from three indigenous spices on the chemical stability of smoke-dried catfish (*Clarias lezera*) during storage, *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11, 6.
- Kinsella, J.E., Lokesh, B., Stone, R.A. (1990).** Dietary n-3 poly-unsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease possible mechanisms. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 52, 1-28.
- Kleijnen, J.P.C., (2008).** Design and analysis of simulation experiments, International Series in Operations Research and Management Science, Springer, Berlin.
- Knežević, V., Ćurčić, B., Filipović, V., Nićetin, M., Koprivica, G., Mišljenović, N., Lević, Lj. (2012).** Osmotic dehydration of pork in three different solutions-mass transfer kinetics, 6th Central European Congress on Food, CeFood 2012, 23-26 may, 2012, Novi Sad, Serbia, ISBN 978-86-7994-027-8, 744-749.
- Knežević, V., Ćurčić, B., Filipović, V., Nićetin, M., Lević, Lj., Kuljanin, T., Gubić, J. (2013).** Influence of osmotic dehydration on color and texture of pork meat, *Journal on processing and energy in agriculture*, 17(1), 39-42.
- Kollo, T., Von Rosen, D. (2005).** Advanced Multivariate Statistics with Matrices, In: Mathematics and its applications, Springer, Netherlands.
- Kong, J., Dougherty, M.P., Perkins, L.B., Camire, M.E. (2008).** Composition and Consumer

Acceptability of a Novel Extrusion-Cooked Salmon Snack, *Journal Of Food Science*, 73 (3), 118-123.

**Koprivica, G., Mišljenović, N., Lević, Lj., Pribiš, V. (2009).** Changes in nutritive and textural quality of apple osmodehydrated in sugar beet molasses and saccharose solutions. *Acta Periodica Technologica*, 40, 47-55.

**Koprivica, G., Mišljenović, N., Lević Lj., Jevrić, L.(2010).** Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of plum in sugar beet molasses. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 14, (1) 27-31.

**Koprivica, G., Mišljenović, N., Lević, Lj., Jevrić, L., Filipčev, B. (2010a).** Osmotic dehydration of carrot in sugar beet molasses: mass transfer kinetics, *Acta Periodica Technologica*, 41, 47-55.

**Koprivica, G. (2013).** Nutritivni profil i senzorski kvalitet voća i povrća osmotski dehidriranog u melasi šećerne repe i rastvorima saharoze, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.

**Koprivica, G., Pezo, L., Čurčić, B., Lević, Lj., Šuput, D. (2014).** Optimization of Osmotic Dehydration of Apples in Sugar Beet Molasses, *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (4), 1705–1715.

**Kottelat, M., Freyhof, J. (2007).** Handbook of European freshwater fishes, Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.

**Krstić, N. (2013).** Ispitivanje interakcije M(II) jona bimetala u model sistemima sa farmaceutskim preparatima i suplementima tipa kiselina kao potencijalnim ligandima, doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za Hemiju, Niš.

**Kurpad, A.V., Young, V.R. (2003).** What is apparent is not always real: lessons from lysine requirement studies in adult humans, *The Journal of Nutrition*, 133 (4), 1227-1230.

**Kuzmanović, J.Z. (2013).** Ispitivanje činilaca od značaja za rast različitih sojeva *Listeria monocytogenes* u filetima hladno dimljene pastrmke, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Fakultet Veterinarske medicine, Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla, Beograd.

**Lakićević B., Janković V., Spirić D.1, Matekalo-Sverak V.1, Mitrović R., Borović B.1, Baltić T. (2012).** Utvrđivanje prisustva stafi lokoknih enterotoksina u namirnicama animalnog porekla ELISA testom, *Tehnologija mesa*, 53(1),50-55.

- Lakshmi D.N., Aparna, K., Kalpana, K.(2013).** Utilization of fish mince in formulation and development of pasta products, *International Food Research Journal*, 20(1), 219-224.
- Lazarides H.N. (2001).** Reasons and possibilities to control solid uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. U P. Fito, A. Chiralt, J. M. Barat, W. E. Spiess, & D. Behnsilian (Urednici), *Osmotic Dehydration & Vacuum Impregnation*. Pennsylvania, Lancaster: Technomic Publishing Company, Inc.
- Lazarides, H.N. (1994).** Osmotic pre-concentration: Developments and prospects, u:Singh R.P., Oliviera, F.A.R. *Minimal Processing of Foods and Process Optimization. An Interface*, Boca Raton, FL:CRC Press, 73-85.
- Lazarides, H.N., Katsanidis, E., Nickolaidis, A. (1995).** Mass transfer kinetics during osmotic pre-concentration aiming at minimal solid uptake. *Journal of Food Engineering*, 25, 151-166.
- Lawrie, R. A. (1998).** *Meat science* (6th ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Lawrie, R.A. i Ledward, D.A. (2006).** *Lawrie's meat science*, seventh edition. Abington, Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Lee, F.C., Hakim, S.L., Kamaluddin, M.A., Thong, K.L. (2012).** Clostridium perfringens and sulphite reducing clostridia densities in selected tropical Malaysian rivers. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 43(1), 129-35
- Le Maguer, M. (1988).** Osmotic dehydration: review and future directions. *Proceedings of the symposium in food preservation process. Brussels: CERFCI*, 283-309.
- Lenart A., Flink J.M. (1984).** Osmotic concentration of potato. I. Criteria for the end-point of the osmosis process. *Journal of Food Technology*, 19, 45–63.
- Lenart I., Auslander D. (1980).** The effect of ultrasound on diffusion through membranes. *Ultrasonics*, 18, 216 – 218.
- Lerici, C.L., Pinnavaia, G., Della Rosa, M., Bartolucci, L. (1985).** Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality. *Journal of Food Science*, 50, 1217-1219.
- Lević, Lj., Koprivica, G., Mišljenović, N., Filipčev, B., Šimurina, O., Kuljanin, T. (2008).** Effect of starch as an edible coating material on the process of osmotic dehydration of carrot in saccharose solution and sugar beet molasses, *Acta Periodica Technologica*, 39, 29-36.



- Lević, Lj., Mišljenović, N., Koprivica, G., Kuljanin, T., Jevrić, L. (2009).** Nova proizvodna linija za osmotsku dehidraciju voća i povrća, tehničko rešenje, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Lewicki, P.P., Lenart, A. (1992).** Energy consumption during osmoconvection drying of fruits and vegetables. U A. S. Mujumdar (Ur.), *Drying of Solids* (str. 354). Inter. Sci. Publ.
- Lewicki, P.P., Lenart, A. (2006).** Osmotic dehydration of fruits and vegetables. U A. S. Mujumdar (Ur.), *Handbook of Industrial Drying* (3 izd.). Taylor & Francis Group, LLC.
- Lončar, B., Pezo, L., Lević, Lj., Filipović, V., Nićetin, M., Knežević, V., Kuljanin, T. (2014).** Osmotic dehydration of fish: principal component analysis, *Acta Periodica Technologica*, 45, 45-53.
- Lončar, B., Pezo, L., Filipović, V., Nićetin, M., Knežević, V., Šuput, D. (2014a).** Application of different empirical and diffusive models to water loss and solid gain during osmotic treatment of fish, *Journal on processing and energy in agriculture*, 18 (4), 171-175.
- Ljubojević D., Ćirković M., Novakov N., Babić J., Lujčić J., Marković T. (2012).** Faktori koji utiču na randman šaranskih riba, *Tehnologija mesa*, 54 (1), 14-19.
- Ma, Z.M., Yan, L. (2008).** A literature overview of Fuzzy database models, *Information Science and Engineering*, 172-180.
- Maange, A., Julshamn, K., Ulgenes, Y. (1991).** A comparison of tissue levels of four essential trace elements in wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaering*, IV, 111-116.
- Madamba P.S. (2002).** The response surface methodology: an application to optimize dehydration operations of selected agricultural crops, *LWT- Food Science and Technology*, 35, 584-592.
- Marcotte, M., Toupin, C.J., Le Maguer M. (1991).** Mass transfer in cellular tissues. Part I: the mathematical model, *Journal of Food Engineering*, 13, 199-220.
- Marriott, N., Gravani, R. B. (2006).** Principles of Food Sanitation, 5<sup>th</sup> edition, Springer Science & Business Media.
- Matekalo-Sverak V., Baltić, M., R., M., Radmila M., (1998).** Uticaj dodataka i izbora termičke obrade na kvalitet proizvoda od mesa ribe. *Tehnologija mesa*, 39 (5-6), 172-177.
- Matić, A., Jurakić, Ž. (2006).** Srebrni karaš (*Carassius auratus gibelio Bloch*) kao limitirajući faktor u proizvodnji šarana, *Savremena poljoprivreda*, 55, 52-57.

- Mayers, R. H., Montgomery, D. C. (2002).** Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments (2 izd.). Wiley - Interscience.
- Mayneris-Perxachs J., Bondia-Pons I., Serra-Majem L., Castellote A.I., (2010).** Long-chain n-3 fatty acids and classical cardiovascular disease risk factors among the Catalan population. *Food Chemistry*, 119, 54-61.
- Medina-Vivanco, M., Sobral, P.J.A., Sereno A.M., Hubinger Dupas, M. (2004).** Thermal analysis of osmotically dehydrated Tilapia muscle: Effect of sodium chloride and sucrose on dehydration temperature of myofibrillar proteins. Proceedings of the 14<sup>th</sup> international drying symposium (IDS 2004), C, 1859-1867.
- Méndez, M.I.M., Abuín, J.M.G. (2012).** Thermal Processing of Fishery Products, chapter 10, in Thermal Food Processing New Technologies and Quality Issues, second edition, ed. Sun, D., CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Mikavica, D., Grujić, S., Mandić, S., Vučić, G., Đurica, R. (2000).** Određivanje sadržaja selena, olova, cinka i kadmijuma u mesu različitih riba. *Tehnologija mesa*, 41 (4-6), 155-161.
- Mišljenović, N., Koprivica, G., Lević, Lj., Filipčev, B., Kuljanin, T. (2009).** Osmotic dehydration of red cabbage in sugar beet molasses – mass transfer kinetics, *Acta Priodica Technologica*, 40, 145-154.
- Mišljenović N., M., Koprivica G.,B., Jevrić L.,R., Lević LJ.,B., (2011).** Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of carrot cubes in sugar beet molasses, *Romanian Biotechnological Letters*, 16 (6), 6790-6799.
- Mišljenović, N. (2012).** Osmotska dehidratacija u melasi šećerne repe i rastvorima saharoze kao energetski efikasan i ekološki prihvatljiv tehnološki postupak povećanja održivosti voća i povrća, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Mišljenović, N., Koprivica, G., Pezo, L., Lević, Lj., Ćurčić, B., Filipović, V., Nićetin, M. (2012).** Optimization of the osmotic dehydration of carrot cubes in sugar beet molasses. *Thermal Science*, 16 (1), 43-52.
- Mišljenović, N., Koprivica, G., Pezo, L., Ćurčić, B., Filipović, V., Kuljanin, T., Lević Lj. (2012a).** Optimization of osmotic dehydration of apple in sugar beet molasses, 6th Central European Congress on Food, CEFood 2012, 23-26 may, Novi Sad, Serbia, ISBN 978-86-7994-027-8, 732-737.

- Montgomery, D.C. (2005).** Design and Analysis of Experiments: Response surface method and designs. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Montgomery, D.C., Runger, G.C. (2003).** Applied statistics and probability for engineers. New York: John Wiley.
- Moreira R, Chenlo F, Torres MD, Vazquez G. (2007).** Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions, *LWT-Food Science and Technology* 40, 1507-1514.
- Moreno J.J., Mitjavila M.T., (2003).** The degree of unsaturation of dietary fatty acids and the development of atherosclerosis (review). *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 182–195.
- Mozaffarian D., Ascherio A., Hu F.B., Stampfer M.J., Willett W.C., Siscovick D.S., Rimm E.B., (2005).** Interplay between different polysaturated fatty acids and risk coronary heart disease in men. *Circulation*, 111, 157–164.
- Mujaffar, S., Sakat, C.K. (2006).** The mathematical modeling of the osmotic dehydration of shark fillets at different brine temperatures, *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 405-416.
- Mundada M., Hathan S.B., Maske S. (2011).** Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils, *Journal of Food Science*, 76, 31-39.
- Neiva, C.R.P., Machado, T.M., Tomita, R.Y., Furlan, E.F., Lemos Neto, M.J., Bastos, D.H.M. (2011).** Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(4), 973-979.
- Nettleton J. A., Katz R., (2005).** n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type 2 diabetes: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 105, 428–440.
- Nićetin, M., Filipović, V., Ćurčić, B., Knežević, V., Plavšić, D., Pezo, L., Kuljanin, T. (2012).** The change in microbiological profile due to the osmotic dehydration of pork meat, 6th Central European Congress on Food, CEFood 2012, 23-26 may, 2012, Novi Sad, Serbia, ISBN 978-86-7994-027-8, 834-839.
- Nićetin M., Filipović V., Knežević V., Ćurčić B., Šuput D., Kuljanin T., Pezo L. (2013).** Mass Transfer Kinetics and Efficiency of Osmotic Dehydration of Fish, 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology ICET 2013, Novi Sad 15-17 May, ISBN:978-86-7892-510-8, No. T2-2.4, 1-5.

- Ničetin, M., Pezo, L., Lončar, B., Filipović, V., Šuput, D., Zlatanović, S., Dojčinović, B. (2014).** Evaluation of water, sucrose and minerals effective diffusivities during osmotic treatment of pork in sugar beet molasses, *Hemijska Industrija*, doi:10.2298/hemind131003037n.
- Nikolić, R., Đorđević, M. (2009).** Biološki značaj natrijuma i kalijuma, *Hemijski pregled*, 50 (6), 150-155
- Nourani, V., Fard, M.S. (2012).** Sensitivity analysis of the artificial neural network outputs in simulation of the evaporation process at different climatologic regimes, *Advances in Engineering Software*, 47, 127-146.
- Obatolu V.A., Omueti, O.O., Ebenezer A. A. (2006).** Qualities of extruded puffed snacks from maize/soybean mixture, *Journal of Food Process Engineering*, 29 (2), 149–161.
- Oehlert, G.W. (2000).** Design and analysis of experiments: Response surface design. New York: W.H. Freeman and Company.
- Oladele, A.K., Odedeji, J.O. (2008).** Osmotic dehydration of Catfish (*Hemisynodontis membranaceus*): Effect of temperature and time. *Pakistan Journal of nutrition*, 7, 57-61.
- Olbrich, H. (1963).** The molasses. Berlin: Fermentation Technologist, Institut für Zuckerindustrie, Berlin (Germany).
- Olsen, P.T., Meyer, A.S., Stahnke, L.H. (2004).** Generation of flavour compounds in fermented sausages-the influence of curing ingredients, Stahzlococcus starter culture and ripening time, *Meat Science*, 66, 675-687.
- Panagiotou, N.M., Karathanos, V.T. Maroulis, Z. (1999).** Effect of osmotic agents on osmotic dehydration of fruits, *Drying Technology*, 17, 175-189.
- Pansawat, N., Jangchud, K., Jangchud, A., Wuttijumnong, P., Saalia, F.K., Eitenmiller, R.R., Phillips, R.D. (2008)** Effects of extrusion conditions on secondary extrusion variables and physical properties of fish, rice-based snacks, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 41, 632–641
- Pavkov, I. (2012).** Kombinovana tehnologija sušenja voćnog tkiva, doktorska disertacija Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Pavkov, I., Babić, Lj., Babić, M., Radojčin, M., Stamenković, Z. (2013).** Matematičko modelovanje kinetike konvektivnog sušenja polutki nektarina (*Pyrus persica L.*), *Savremena poljoprivredna tehnika*, 39 (2), 103-112.

- Pavličević, N., Baltić, Ž.M., Dimitrijević, M., Karabasil, N., Đorđević, V., Marković, R., Grbić, S. (2014).** Polinezasićene masne kiseline u mesu ribe i njihov značaj za zdravlje ljudi, *Tehnologija mesa*, 55 (1), 1-7.
- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J., Hopkins, D.L. (2011)** Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes — A review, *Meat Science*, 89, 111–124.
- Perera, A., Pardo, A., Barrettinod, D., Hierlermann, A., Marcob, S. (2010).** Evaluation of fish spoilage by means of a single metal oxide sensor under temperature modulation. *Sensors and Actuators B*, 146, 477-482.
- Perendija, B. (2012).** Parametri antioksidacione zaštite u tkivima nekih vrsta slatkovodnih riba iz jezera Gruža, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, 47-49.
- Peters, T., Iberg, R. (1978).** Mineralogical changes during firing of calcium-rich brick clays, *Ceramic Bulletin*, 57, 503-509.
- Petrov, S., Petrov, Lj. (1980).** Priručnik za industriju šećera, Knjiga 1, Deo III, Edicija Poslovne zajednice industrije šećera Jugoslavije, Beograd: Štamparija PTT, 177-271.
- Petrović, M. (2011).** Osnovi veštačkih neuronskih mreža i značaj njihove primene, *Zbornik radova*, 20, 47-55.
- Petrović, Lj., Dzinić, N., Ikonić, P., Tasić, T., Tomović, V. (2011).** Quality and safety standardization of traditional fermented sausages. *Tehnologija mesa*, 2, 234-244.
- Pezo, L., Filipović, V., Nićetin, M., Ćurčić, B., Mišljenović, N., Koprivica, G., Lević, Lj. (2012).** Efficiency of osmotic dehydration of pork meat using different osmotic solutions, 11th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Physical Chemistry 2012, 24-28. September, Belgrade, Serbia, Society of Physical Chemists of Serbia, Proceedings, ISBN 978-86-82475-28-6, 760-762.
- Pezo, L.L., Ćurčić, B. Lj., Filipović, V.S., Nićetin, M.R., Koprivica, G.B., Mišljenović, N.M., Lević, Lj.B. (2013).** Artificial neural network model of pork meat cubes osmotic dehydration, *Hemijska industrija*, 67 (3), 465-475.
- Phisut, N. (2012).** Mini Review: Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits, *International Food Research Journal*, 19 (1), 7-18.
- Piggot, G. M., Tucker, B. W. (1990),** Effects of Technology on Nutrition, New York, Marcel Dekker.

- Ponting J.D., Watters G.G., Forrey G.G., Jackson R.R., Stanley R. (1966).** Osmotic dehydration of fruits. *Food Technology*, 20, 125–131.
- Popović R. (2011).** Kakvoća komarči iz uzgoja i slobodnog mora. Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zagreb, 7-12.
- Popović M., (2013).** Unos soli u uzorku odraslog stanovništva Novog Sada, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, Novi Sad.
- Potter, N.N., Hotchkiss, J. H. (1995).** Food science. 5th edition. Chapman and Hall. New York.
- Puolanne, E., Halonen, M. (2010).** Theoretical aspects of water-holding in meat, *Meat Science*, 86, 151–165.
- Purslow, P. P., Trotter, J. A. (1994).** The morphology and mechanical properties of endomysium in series-fibred muscles: Variations with muscle length. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 15(3), 299–308.
- Pravilnik o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa (2010).** *Službeni glasnik RS*, 72/10 .
- Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K., (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4290–4302.
- Qi, H., LeMaguer M., Sharma, S.K. (1998).** Design and Selection of Processing Conditions of a Pilot Scale Contactor for Continuous Osmotic Dehydration of Carrots, *Journal of Food Process Engineering*, 21, 75-88.
- Radojčin, M., Babić, M., Babić, Lj., Pavkov, I., Stojanović, Č. (2010).** Promena parametara boje dunje tokom kombinovanog sušenja, *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 14 (2), 81-84.
- Radojčin, M., Babić, M., Babić, Lj., Pavkov, I., Stamenković Z. (2013).** Uticaj različitih predtretmana na boju sušene kruške, *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 17 (4), 176-179.
- Rahman M.S. (2007).** Osmotic Dehydration of Foods. U M. S. Rahman (Ur.), Handbook of Food Preservation (2 izd.). CRC Press.
- Rahelić, S., Joksimović, J., Bučar, F. (1980).** Tehnologija prerade mesa. Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.

**Rančić, V. (2013).** Metode za smanjenje dimenzionalnosti podataka i njihova primena u prirodnim naukama, Master rad, Univerzitet u NovomSadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za matematiku i informatiku, Novi Sad.

**Rastogi, N.K., Angersbach, A., Knorr, D. (2000).** Evaluation of mass transfer mechanisms during osmotic treatment of plant materials. *Journal of Food Science*, 65, 1016-1021.

**Rastogi, N.K., Eshtiaghi, M.M., Knorr, D. (1999).** Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electrical field pulse pretreated carrots. *Journal of Food Science*, 64, 1020-1023.

**Rastogi, N.K., Niranjana, K. (1998).** Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. *Journal of Food Science*, 63, 508-511.

**Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S., Niranjana, K., Knorr, D. (2002).** Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*, 13 (2), 48–59.

**Rezaei N., Hedayatifard M. (2013).** Evaluation of qualitative changes of fish fingers made from big head carp (*Aristichthys nobilis*) during frozen storage *International Journal of AgriScience*, 3(10), 796-806.

**Saurel, R. R., Raoult-Wack, A.L., Rios, G., Guilbert, S. (1994).** Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. Fresh plant tissue, *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 531 -542.

**Sajas J.F., Gorbatow W.M. (1978).** Anwendung von Ultra – schallschwingungen in den technologischen Vorgaengen der Fleischindustrie. *Die Fleischwirtschaft*, 6, 1009 – 1021.

**Sándor, Z., Gy. Papp, Z. Csengeri, I., Jeney, Z. (2011).** Fish meat quality and safety, *Tehnologija mesa*, 52, 1, 97–105.

**Saputra D. (2001).** Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology*, 19, 415 – 425.

**Saurel R., Raoult-Wack A., Rios G., Guilbert S. (1994).** Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple. I Fresh plant tissue. *International Journal of Food Science Technology*. 29, 531-537.

**Schneider, F. (1968).** Technologie des Zuckers. Hannover:Verlag M. & H. Schaper, 19-40.

**Schneider, W., Rede, R. (1999).** Neorganske soli i hidrokoloide u proizvodnji polukonzervi – struktura, svojstva i delovanje. U: Tehnologija proizvodnje i kvalitet konzervi od mesa u

komadima, Lj. Petrović (urednik), Tehnologija proizvodnje i prerade mesa, Zavod za tehnologiju mesa, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.

**Shaviklo, G.R., Thorkelsson, G., Rafipour, F., Sigurgisladottir, S. (2011).** Quality and storage stability of extruded puffed corn-fish snacks during 6-month storage at ambient temperature, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 886–893.

**Shah, M. A., Bosco, S. J. D., Mir, S. A. (2014).** Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products, *Meat Science*, 98 (1), 21–33.

**Shi J., Xue J. (2009).** Application and development of osmotic dehydration technology in food processing. *Advances in food dehydration*. CRC Press. USA.

**Simal, S., Benedito, J., Sanchez, E. S., Rosselo, C. (1998).** Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 36, 323 – 336.

**Simić, B., (1977).** Medicinska dijetetika. Medicinska knjiga, Beograd – Zagreb.

**Simonović, P. (2001).** Ribe Srbije. NNK International, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Biološki fakultet, Beograd, 1-247.

**Singh, B., Panesar, P.S., Gupta, A.K. Kennedy, J.F. (2007).** Optimization of osmotic dehydration of carrot cubes in sucrose-salt solutions using response surface methodology, *European Food Research and Technology*, 225 (2), 157-165.

**Singh, B., Panesar, P. S., Nanda, V. (2008).** Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in sucrose solution. *Journal of food process engineering*, 31, 1-20.

**Silva, V. M., Silva, A.L., Andrade, J. B., Veloso, M.C., Santos, G. V. (2008).** Determination of moisture content and water activity in algae and fish by thermo analytical techniques. *Química Nova*, 31(4), 901-905.

**SRPS ISO 11035:2002** Senzorske analize - Identifikacija i odabir deskriptora za utvrđivanje senzorskog profila multidimenzionalnim postupkom.

**SRPS EN ISO 4833: 2008.** Mikrobiologija hrane i hrane za životinje – Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama – Tehnika brojanja kolonija na 30°C.

**SRPS EN 1134:2005.** Sokovi od voća i povrća - Određivanje sadržaja natrijuma, kalijuma, kalcijuma i magnezijuma atomskom apsorpcionom spektrometrijom (AAS).

**SRPS EN ISO 8589:2012.** Senzorske analize - Opšte uputstvo za projektovanje prostorija za ispitivanje, dobro provetrenoj i pri kontrolisanoj temperaturi od 22°C.



**SRPS EN ISO 6888-2: 2009.** Mikrobiologija hrane i hrane za životinje – Horizontalna metoda za određivanje broja koagulaza-pozitivnih stafilokoka (*Staphylococcus aureus* i druge vrste) – Deo 2: Tehnika upotrebom agara sa plazmom kunića i fi brinogenom.

**SRPS ISO 16649-2: 2008.** Mikrobiologija hrane i hrane za životinje – Horizontalna metoda za određivanje broja  $\beta$ -glukuronidaza pozitivne *Escherichia coli* – Deo 2: Tehnika brojanja kolonija na 44°C pomoću 5-bromo-4-hloro-3 indolil  $\beta$ -D- glukuronida.

**SRPS ISO 1442:1998.** Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja vlage (Referentni metodi).

**SRPS ISO 1871:1992.** Poljoprivredno-prehrambeni proizvodi - Opšta uputstva za određivanje azota metodom po Kjeldalu.

**SRPS ISO 13730:1999.** Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja ukupnog fosfora - Spektrometrijski metodi.

**SRPS ISO 936:1999.** Meso i proizvodi od mesa - Određivanje ukupnog pepela.

**SRPS ISO 1443:1992.** Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja ukupne masti.

**SRPS ISO 1841-1:1999.** Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja hlorida - Deo 1: Metodi po Volhardu.

**SRPS ISO 11035:2002.** Senzorske analize - Identifikacija i odabir deskriptora za utvrđivanje senzorskog profila multidimenzionalnim postupkom.

**SRPS ISO 8586-1:2002.** Senzorske analize - Opšte uputstvo za odabir, obuku i praćenje ocenjivača - Deo 1: Odabrani ocenjivači.

**Stamenković T., Dević, B. (2006).** Senzorna svojstva ribljih konzervi, *Tehnologija mesa*, 47 (5-6), 208-215.

**STATISTICA. (2010).** v.10, Stat-Soft. Inc., USA.

**Stepić, S. (2005).** Utjecaj oksidativnog stresa na izraženost molekularnih biljega kod babuške (*Carassius auratus gibelio*) i šarana (*Cyprinus carpio*), Magistarski rad, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu.

**Stoyanov, K., Walmsley, A.D. (2006).** Responce-Surface Modeling and Experimental Design, In: Practical Guide to Chemometrics, 264, Taylor & Francis Group, London.

**Suezilde da Conceição, A.R., Satoshi, T. (2004).** Osmotic dehydration of Mapará catfish (*Hypophtalmus edentatus*) filets: Effect of ternary solutions. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustrias*, 6, 115-122.

**Sun, T., Tanumihardjo, S.A., (2007).** An integrated approach to evaluate food antioxidant capacity. *Journal of Food Science*, 72 (9), R159–R165.

**Škrbić, S. (2008).** Upotreba Fazi logike u relacionim bazama podataka, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za matematiku i informatiku, doktorska disertacija, Novi Sad.

**Šuput, D., Lazić, V., Pezo, L., Nićetin, M., Filipović, V., Ćurčić, B., Krkić, N. (2012).** Osmotic dehydration impact on microbiological profile of packed pork meat, XV International Feed Technology Symposium “Feed-to-Food”/Cost Feed for Health Joint Workshop, Novi Sad, 2012, University of Novi Sad, Institute of Food Technology, Proceedings, ISBN 978-86-7994-032-2, 266-272.

**Šuput, D. Z., Lazić, V. L., Pezo, L. L., Lević, Lj. B., Gubić, J. M., Hromiš, N. M., Šojić, B. V. (2013).** Modified atmosphere packaging and osmotic dehydration effect on pork quality and stability, *Romanian Biotechnological Letters*, 18, 8160-8169.

**Šušić S., Kukić G., Sinobad V., Perunović P., Koronovac B., Bašić Đ. C. (1995).** Osnovi tehnologije šećera, Industrija šećera Jugoslavije „Jugošećer“ D.D., Beograd.

**Šušić, S., Sinobad, V. (1989).** Istraživanja u cilju inapređenja industrije šećera Jugoslavije. *Hemijska industrija*, 43, 1021.

**Taylor, B.J. (2006).** Methods and Procedures for the Verification and Validation of Artificial Neural Networks, Springer Science, Business Media, Inc., USA

**Teles, U.M, Fernandes, F.A.N. Rodrigues, S., Lima, A. S., Maia, G.A, Figueiredo, R.W. (2006).** Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 41, 674-680.

**Terry P.D., Terry J.B., Rohan T.E. (2004).** Long-chain (n-3) fatty acid intake and risk of cancers of the breast and prostate recent epidemiological studies, biological mechanisms, and directions for future research. *Journal of Nutrition*, 134, 3412S–3420S.

**Thielemans, A., Massart, D.L. (1985).** The use of component analysis as a display method in the interpretation of analytical chemical, biological, environmental and epidemiological data, *Chimia*, 39, 236-242.

**Tomljanović, T., Fabijanić, N., Treer, T., Matulić, D., Piria, M., Šprem, N., Aničić, I., Safner, R. (2012).** Utjecaj invazivne vrste riba babuške (*Carassius gibelio*) na sastav ihtiocenoze

u Republici Hrvatskoj Proceedings. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture . Opatija . Hrvatska, 634–636.

**Torreggiani D. (1993).** Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26, 59-68.

**Tortoe C. (2010).** A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*. 4 (6), 303–324.

**Tomé, D., Bos, S. (2007).** Lysine Requirement through the Human Life Cycle<sup>1,2</sup>, *The Journal of Nutrition*, 137 (6), 16425-16455.

**Trajković, A. (2013).** Biološki značaj metala u nastavnim temama iz neorganske hemije, master rad, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za Hemiju, Niš.

**Trbović D., Jankovic S., Ćirković M., Nikolić D., Matekalo-Sverak V., Đorđević V., Spirić A. (2011).** Bezbednost i kvalitet mesa nekih slatkovodnih riba u Srbiji, *Tehnologija mesa*, 52 (2), 276–282.

**Treer, T., Safner, R., Aničić, I., Lovrinov, M. (1995).** Ribarstvo, Nakladni zavod Globus, Zagreb.

**Trelea, I.C., Raoult-Wack, A.L., Trzstram, G. (1997).** Application of neural network modeling for the control of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration), *Food Science and Technology International*, 3, 459-465.

**Tschegg, C., Ntaflos, T. Hein, I. (2009).** Thermally triggered two-stage reaction of carbonates and clay during ceramic firing- A case study on Bronye Age Cypriot ceramics, *Applied Clay Science*, 43, 69-78.

**Tsironi, T., Salapa, I., Taouki, P. (2009).** Shelf life modeling of osmotically treated chilled gilthead sea bream fillets. *Innovative Food and Science and Emerging Technologies*, 10, 23-31.

**Turanzi, T., Tomlin, A.S. (2014).** Analysis of Kinetics Reaction Mechanisms, Springer/Verlag, Berlin Heidelberg.

**Valent, V.J. (2001).** Sušenje u procesnoj industriji. Tehnološko-matalurški fakultet, Beograd.

**Venugopal, V., Shahidi, F. (1996).** Structure and composition of fish muscle, *Food Reviews International*, 12 (2), 175-197.

**Vereš, M. (1991).** Osnovi konzervisanja namirnica, Poljoprivredni fakultet, Beograd.

**Vignolo, G., Fontana, C., Fadda, S. (2010).** Semidy and Dry Fermented Sausages, (ed.) Toldrá, Handbook of meat processing, Blackwell Publishing, USA.

- Vivanco, P.D., Hurbinge, Míriam Dupas, Sobral, P.J.A. (2004).** Mass transfer in osmotic dehydration of Atlantic Bonito (*Sarda sarda*) fillets under vacuum and atmospheric pressure, Proceedings of the 14<sup>th</sup> international drying symposium (IDS 2004), C, 2105-2112.
- Vladau V.V., Bud I., Stefan R., (2008).** Nutritive value of fish meat comparative to some animals meat. *Animal Science and Biotechnologies*, 65, 301–305.
- Von Shacky C. (2001).** Clinical trials, not n-6 to n-3 ratios, will resolve whether fatty acids prevent coronary heart disease. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 423–427.
- Vučetić, M. (2013).** Primena Fazi logike u analizi funkcionalnih zavisnosti u relacionim bazama podataka, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- Vujković G., Rede, R., Vujković, I. (1998).** Sastav ukupnih masnih kiselina u lipidima mesa tokom procesa proizvodnje sardine u ulju. *Tehnologija mesa*, 39 (5-6), 178-181.
- Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A.S. (2011).** Trends in Processing Technologies for Dried Aquatic Products, *Drying Technology*, 29, 382–394.
- Waliszewski, K.N., Cortez, H.D., Padio, V.T., Garcia, M.A. (1999).** Color parameter changes in banana slices during osmotic dehydration, *Drying Technology*, 17, 955-960.
- Wianecki, M. (2007).** Evaluation of fish and squid meat applicability for snack food manufacture by indirect extrusion cooking, *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(4), 29-44.
- Wold, S. (1995).** Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 30, 109.
- Yadav, B. S., Yadav, R. B., Jatain, M. (2012).** Optimization of osmotic dehydration conditions of peach slices in sucrose solution using response surface methodology, *Journal of Food Science Technology*, 49(5), 547–555.
- Zamaria N. (2004).** Alteration of polysaturated fatty acid status and metabolism in health and disease. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 273–282.
- Živković, D., Perić, V., Perunović, M. (2002).** Cholesterol content in meat of some Cyprinidae, *Journal of Agricultural Sciences*, 47 (2), 179-187.
- Žlender, B. (2000).** Morske in slatkovodne ribe. Sastava in kakovost mesa riba. *Meso i mesnina*, 1 (1), 42-43.

## 7. PRILOG

**Tabela 7.1.** Redni brojevi uzoraka dehidriranih u  $OR_1$  za grafički prikaz trendova pomoću PCA

Red. br.	t	T	c
1.	1	10	60
2.	3	10	60
3.	5	10	60
4.	1	10	52,5
5.	3	10	52,5
6.	5	10	52,5
7.	1	10	45
8.	3	10	45
9.	5	10	45
10.	1	20	60
11.	3	20	60
12.	5	20	60
13.	1	20	52,5
14.	3	20	52,5
15.	5	20	52,5
16.	1	20	45
17.	3	20	45
18.	5	20	45
19.	1	35	60
20.	3	35	60
21.	5	35	60
22.	1	35	52,5
23.	3	35	52,5
24.	5	35	52,5
25.	1	35	45
26.	3	35	45
27.	5	35	45
28.	1	50	60
29.	3	50	60
30.	5	50	60
31.	1	50	52,5
32.	3	50	52,5
33.	5	50	52,5
34.	1	50	45
35.	3	50	45
36.	5	50	45

**Tabela 7.2.** Redni brojevi uzoraka dehidriranih u OR<sub>2</sub> za grafički prikaz trendova pomoću PCA

Red. br.	t	T	c
37.	1	10	70
38.	3	10	70
39.	5	10	70
40.	1	10	61,25
41.	3	10	61,25
42.	5	10	61,25
43.	1	10	52,5
44.	3	10	52,5
45.	5	10	52,5
46.	1	20	70
47.	3	20	70
48.	5	20	70
49.	1	20	61,25
50.	3	20	61,25
51.	5	20	61,25
52.	1	20	52,5
53.	3	20	52,5
54.	5	20	52,5
55.	1	35	70
56.	3	35	70
57.	5	35	70
58.	1	35	61,25
59.	3	35	61,25
60.	5	35	61,25
61.	1	35	52,5
62.	3	35	52,5
63.	5	35	52,5
64.	1	50	70
65.	3	50	70
66.	5	50	70
67.	1	50	61,25
68.	3	50	61,25
69.	5	50	61,25
70.	1	50	52,5
71.	3	50	52,5
72.	5	50	52,5

**Tabela 7.3.** Redni brojevi uzoraka dehidriranih u OR<sub>3</sub> za grafički prikaz trendova pomoću PCA

Red. br.	t	T	c
73.	1	10	80
74.	3	10	80
75.	5	10	80
76.	1	10	70
77.	3	10	70
78.	5	10	70
79.	1	10	60
80.	3	10	60
81.	5	10	60
82.	1	20	80
83.	3	20	80
84.	5	20	80
85.	1	20	70
86.	3	20	70
87.	5	20	70
88.	1	20	60
89.	3	20	60
90.	5	20	60
91.	1	35	80
92.	3	35	80
93.	5	35	80
94.	1	35	70
95.	3	35	70
96.	5	35	70
97.	1	35	60
98.	3	35	60
99.	5	35	60
100.	1	50	80
101.	3	50	80
102.	5	50	80
103.	1	50	70
104.	3	50	70
105.	5	50	70
106.	1	50	60
107.	3	50	60
108.	5	50	60

**Tabela 7.4.** Elementi of matrice  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_1$ 

Neuroni u				
skrivenom	t	T	c	bias
sloju				
1	2,998	1,406	0,661	1,341
2	0,043	-0,508	0,003	-0,595
3	-0,970	0,132	1,629	0,810
4	-0,109	-1,540	1,729	-1,806
5	-2,452	1,160	1,783	0,015
6	0,412	-0,619	0,093	0,357
7	0,186	0,241	-0,609	0,866
8	-0,176	-0,191	2,925	0,108
9	-1,203	3,040	0,959	-0,566
10	0,732	1,823	0,219	-0,873

**Tabela 7.5.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_1$ 

Neuroni u											
skrivenom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	bias
sloju											
WL	0,589	-0,927	-1,259	-0,840	-1,050	-0,057	0,558	1,480	0,481	0,649	-0,856
SG	1,468	2,108	0,821	0,142	0,093	-0,029	0,622	-1,209	0,346	-0,824	-0,048
$a_w$	-0,350	-0,092	0,515	2,770	0,393	-0,578	-0,561	-0,018	0,256	0,198	0,637
DM	-0,038	0,427	1,097	-0,928	-0,010	0,763	-0,530	-1,016	-0,606	0,462	0,424
Na	-0,943	-0,381	-1,820	0,547	-0,792	-0,034	0,244	0,494	-0,651	0,530	0,055
K	0,091	0,809	1,315	-1,212	0,014	-0,240	-0,505	-0,567	-0,689	-0,589	0,887
Ca	-0,809	-0,243	0,490	0,753	-0,157	-0,479	0,632	0,521	-0,006	-0,506	0,797
Mg	1,202	0,099	0,151	-0,886	1,089	0,544	0,477	-0,780	-0,105	-0,533	0,705



**Tabela 7.6.** Elementi of matrice  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_2$ 

Neuroni u				
skrivenom	t	T	c	bias
sloju				
1	2,512	1,296	-1,515	0,629
2	-0,390	-1,109	1,536	-0,083
3	-0,986	1,420	0,237	-0,564
4	1,547	1,195	-0,470	0,529
5	0,242	1,027	1,360	-2,167
6	0,145	0,139	0,179	-1,907
7	1,405	1,873	-0,525	-0,803
8	0,550	-0,680	2,376	-0,957
9	0,313	1,543	0,255	-0,384
10	1,098	1,079	0,335	-0,336

**Tabela 7.7.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_2$ 

Neuroni u											
skrivenom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	bias
sloju											
WL	0,632	-0,535	-0,957	-1,739	0,193	0,078	0,271	-0,252	0,726	0,599	-1,404
SG	0,593	1,148	0,768	-0,173	0,756	0,360	0,120	0,342	0,931	-0,704	-0,830
aw	0,848	0,138	0,913	0,993	1,005	0,528	-0,022	0,364	-0,351	0,723	1,392
DM	0,503	0,216	-0,043	0,253	0,206	-0,098	0,224	0,300	0,521	1,256	-1,008
Na	-0,123	0,251	-1,721	0,025	-0,337	0,474	0,338	0,147	0,361	-0,510	-0,679
K	1,223	0,120	0,123	0,683	-0,565	0,647	-0,067	0,225	-0,188	0,765	-0,668
Ca	-1,017	0,399	-0,204	0,761	-0,669	-0,133	0,526	0,490	0,250	0,518	-0,486
Mg	-0,347	1,066	0,245	0,397	0,434	0,161	0,747	-0,380	0,176	-0,390	-0,419

**Tabela 7.8.** Elementi of matrice  $W_1$  i vektor  $B_1$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_3$ 

Neuroni u				
skrivenom	t	T	c	bias
sloju				
1	0,925	1,117	-0,592	-0,383
2	0,751	-0,089	1,726	-0,497
3	-1,706	1,257	1,165	-0,166
4	2,377	1,775	0,512	-2,413
5	1,397	-0,361	1,067	-0,099
6	0,147	4,032	0,793	-1,773
7	3,300	0,358	-0,617	-0,190

**Tabela 7.9.** Elementi matrice  $W_2$  i vektor  $B_2$  (prikazan u "bias" kolini) za  $OR_3$ 

Neuroni u								
skrivenom	1	2	3	4	5	6	7	bias
sloju								
WL	-0,606	0,195	0,034	0,763	0,252	0,425	-0,106	-0,450
SG	0,075	0,395	-0,874	0,521	0,342	-0,036	-0,252	-0,381
aw	0,834	0,991	-1,095	0,421	-0,160	-0,280	0,159	0,611
DM	0,926	0,288	-0,765	-0,165	-0,241	0,235	0,341	-0,328
Na	0,788	0,191	0,692	-0,238	0,273	0,342	0,753	-0,349
K	-0,033	-0,093	-0,614	0,241	0,187	0,860	0,210	-0,332
Ca	-0,482	1,305	0,167	0,349	0,774	0,226	0,429	-0,339
Mg	-0,306	0,432	0,323	0,866	0,244	0,361	-0,002	-0,366