

TEHNOLOŠKI, ENERGETSKI I EKOLOŠKI ASPEKTI PROCESA OSMOTSKE DEHIDRATACIJE HRANE

Vladimir Filipović¹, Milica Nićetin¹

Izvod: Osmotska dehidracija je pokazala potencijal za dobijanje prehrambenih proizvoda unapređenih karakteristika. Brojni tehnološki faktori utiču proces osmotske dehidracije, a povećavanjem vrednosti tehnoloških parametra intenzivira se i prenos mase u procesu. Proces osmotske dehidracije, usled svoje karakteristike da menja i unapređuje nutritivni, senzorni i mikrobiološki profil dehidrane sirovine, daje mogućnost proizvodnje novih vrsta prehrambenih proizvoda od konvencionalnih sirovina. Energetski je efikasan proces, koji ne zahteva velik utošak energije, a proces ima dovoljnu tehnološku efikasnost čak i pri temperaturama koje ne zahtevaju dodatni utošak energije.

Ključne reči: osmotska dehidracija, melasa šećerne repe, energetska efikasnost, ekološki proces

Uvod

Sušenje (dehidracija) je važna operacija tehnološkog postupka obrade sirovine u prehrambenoj industriji. Osnovni cilj pri postupku sušenja hrane je uklanjanje vode iz sirovog materijala radi produženja roka trajanja namirnica ili smanjivanja obima narednih tehnoloških operacija u postupku prerade i proizvodnje finalnog proizvoda (Chen i Mujumdar, 2008).

Postupak osmotske dehidracije se sastoji od potapanja biološkog materijala, sa određenim sadržajem vode, u koncentrovane vodene rastvore koji sadrže osmotske agense (osmotski rastvor), pri čemu dolazi do prenosa dela mase vode iz ćelijskog materijala u osmotski rastvor. (Serenio i sar., 2001).

Prethodnih godina na Tehnološkom fakultetu, Univerziteta u Novom Sadu istraživane su mogućnosti korišćenja melase šećerne repe kao osmotskog rastvora, koja su dala pozitivne rezultate u pogledu tehnoloških i nutritivnih parametara procesa i finalnih proizvoda (Filipović i Lević, 2014).

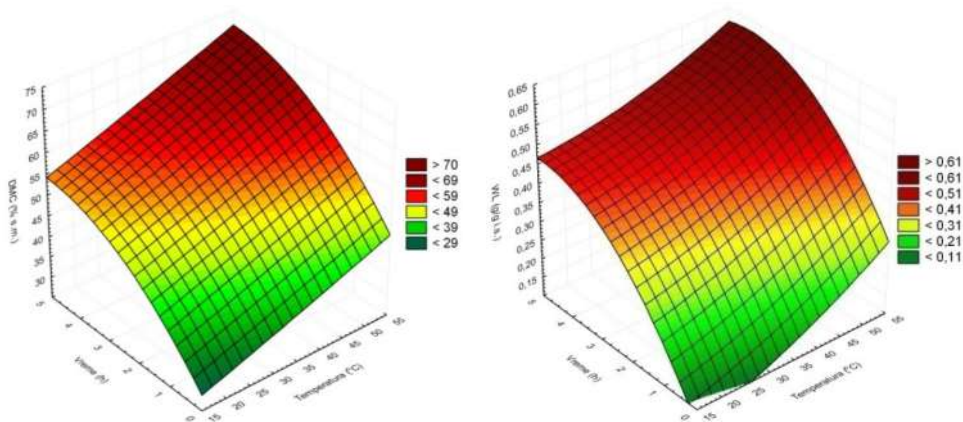
Jednostavnost procesa osmotske dehidracije, uz male energetske zahteve i korišćenje jednostavne i jeftine procesne opreme i uređaja preporučuju ga za primenu u velikim industrijskim pogonima za preradu biljnog i životinjskog materijala (Shi i Xue, 2009).

Tehnološke osnove procesa osmotske dehidracije

Brojni faktori utiču na prenos mase tokom procesa osmotske dehidracije, a najvažniji tehnološki parametri koji direktno utiču na prenos mase su: temperatura

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Bul. cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija (vladaf@uns.ac.rs).

procesa (t), vreme trajanja procesa (τ), koncentracija osmotskog rastvora (C) i sastav osmotskog rastvora (Mišljenović, 2012, Filipović, 2013).



Slika 1. Sadržaj suve materije i gubitak vode osmotski dehidriranog svinjskog mesa u melasi u zavisnosti od vremena trajanja i temperature procesa, (Filipović i sar., 2012; Pezo i sar., 2013; Filipović i sar., 2014b)

Figure 1. Dry matter content and water loss of osmotically dehydrated pork meat in molasses in dependance of time of duration and process temperature (Filipović i sar., 2012; Pezo i sar., 2013; Filipović i sar., 2014b)

Povećavanjem vrednosti tehnoloških parametra (t , τ i C) intenzivira se i prenos mase (tok vode iz mesa koje se dehidrira u osmotski rastvori i suprotnog toka rastvorka u meso) koji doprinosi većim postignutim vrednostima sadržaja suve materije, gubitka vode i prirasta suve materije dehidriranih uzoraka mesa, te stoga se maksimumi postignutih vrednosti sadržaja analiziranih odziva procesa javljaju pri maksimalnim vrednostima primenjenih tehnoloških parametara, slika 1.

Proces osmotske dehidratacije svojim delovanjem utiče na očuvanje kvalitetnih karakteristika polazne sirovine, što je i osnovna funkcija svih procesa dehidratacije, ali pored toga menja i unapređuje nutritivne karakteristike dehidriranih poluproizvoda u odnosu na svežu sirovinu, usled prirasta suve materije, sekundarnog toka materijala koji je specifičnost procesa osmotske dehidratacije (Filipović i Lević, 2014).

Proces osmotske dehidratacije statistički značajno doprinosi smanjenju inicijalnog broja prisutnih mikroorganizama u svežem mesu, a povećanje temperature procesa osmotske dehidratacije dovodi do statistički značajnog smanjenja svih ispitivanih mikororganizama (Filipović i sar., 2012).

Prirast suve materije dovodi i do promene senzorskog i hemijskog profila osmotski dehidriranog proizvoda u poređenju sa svežom sirovinom, pri čemu dolazi do povećanja mase proteina, ukupnog pepela, natrijum hlorida, saharoze, kalijuma, natrijuma i kalcijuma u mesu nakon dehidratacije, a masa ukupnih fosfata se smanjuje. Masa masti,

magnezijuma i gvožđa se nije menjala u mesu nakon osmotske dehidracije (Nićetin i sar., 2012; Nićetin i sar., 2013)

Proizvodi dobijeni nakon procesa osmotske dehidracije mogu da se dodatno finalizuju nekim metodama sušenja i da se dobiju nove vrste osušenih proizvoda od polaznih sirovina biljnog i animalnog porekla ili mogu da se koriste kao sirovina za razne vrste gotovih prehrambenih proizvoda, finalizovnih različitim tehnološkim postupcima.

Energetska efikasnost

Proces sušenja ili dehidracije biološkog materijala je energetska zahtevna tehnološka operacija. Na proces termičkog sušenja koristi se 15% ukupne industrijske potrošnje energije u procesu proizvodnje, pri relativno niskoj termičkoj efikasnosti, koja se kreće u opsegu od 25-50%. Smanjenje potrošnje energije po jedinici uklonjenje vlage iz proizvoda stoga je neophodno radi povećanja ukupne efikasnosti, smanjenja troškova proizvodnje (Chua i sar., 2001), kao i smanjenja uticaja velike potrošnje energije na životnu sredinu.

U poređenju sa drugim oblicima sušenja, osmotska dehidracija je energetska nisko zahtevan proces, jer se zasniva na uklanjanju vode iz dehidrirajućeg materijala bez fazne transformacije, te stoga i bez utroška energije za zagrevanje sirovine i latentnu toplotu isparavanja vode (Dalla Rosa i Giroux, 2001).

Za proračun i prikaz energetske efikasnosti procesa osmotske dehidracije svinjskog mesa, konvektivno sušenje se uzima kao osnova za poređenje.

U tabeli 1. prikazane su vrednosti količine toplotne energije neophodne za uklanjanje 1 kg vode iz mesa u procesima istostrujene i protivstrujne osmotske dehidracije na različitim temperaturama. Toplotna energija potrebna za uklanjanje 1kg vode iz mesa u procesima osmotske dehidracije kreće se od minimalnih $108,92 \pm 3,05$ kJ/kgH₂O do maksimalnih $1023,23 \pm 5,99$ kJ/kgH₂O, na šta utiču primenjeni tehnološki parametri, tabela 1.

U poređenju sa količinom toplotne energije neophodne za uklanjanje 1kg vode u procesima konvektivnog sušenja, koja se kreće od 8000 do 9500 kJ/kgH₂O (Lenart i Lewicki, 1988), količina toplote koja se troši za uklanjanje iste količine vode u procesu osmotske dehidracije je od 8,55 do 80,28 puta manja. Priroda osmotskog rastvora i tip procesa osmotske dehidracije statistički značajno utiču na uštedenu količinu toplote prilikom protivstrujne osmotske dehidracije mesa i najveće su vrednosti ostvarene prilikom osmotskih dehidracija mesa u melasi.

Povećanje tehnološke efikasnosti procesa usled povećanja temperature procesa nije dovoljno veliko da kompenzuje u energetskom bilansu dodatni utrošak energije radi zagrevanja sistema meso/osmotski rastvor na temperaturu od 50°C (Filipović i sar. 2014a, Filipović, 2013).

Ekološki aspekti procesa osmotske dehidracije

Energetska efikasnost procesa sušenja dobija na većem značaju jer ima direktnog uticaja na ekološke, energetske i ekonomske aspekte procesa.

Osmotska dehidracija hrane u poređenju sa klasičnim metodama sušenja zahteva i do nekoliko desetina puta manju potrošnju energenata za iste efekte sušenja (Filipović i

sar. 2013, Filipović, 2013) i na taj način proces osmotske dehidracije ima, kroz značajno nižu potrošnju energenata, značajne pozitivne efekte koji se na kraju ogledaju i na manjem uticaju procesa na životnu sredinu.

Tabela 1. Toplotna energija neophodna za uklanjanje 1 kg vode iz sirovine mesa (Filipović i sar., 2014a, Filipović, 2013)

Table 1. Heat energy necessary for removal of 1 kg of water from meat (Filipović i sar., 2014a; Filipović, 2013)

Vrsta osmotskog rastvora	Temperatura procesa	Istostrujna osmotska dehidracija Q _v (kJ/kgH ₂ O)	Protivstrujna osmotska dehidracija Q _v (kJ/kgH ₂ O)
Vodeni rastvor NaCl i saharoze	20°C	127,87±4,12 ^a	123,94±95,34 ^a
	35°C	601,89±31,51 ^b	393,17±9,55 ^g
	50°C	1023,23±5,99 ^c	606,23±1,86 ^{bd}
Rastvor NaCl i saharoze i melase	20°C	126,40±1,03 ^a	113,46±1,45 ^a
	35°C	544,75±6,35 ^{bd}	349,30±6,05 ^g
	50°C	890,29±0,65 ^e	545,95±2,79 ^{bd}
Melasa	20°C	115,03±0,62 ^a	108,92±3,05 ^a
	35°C	502,40±11,10 ^d	298,36±2,39 ^f
	50°C	804,38±12,39 ^f	492,98±2,68 ^d

^{abc} Različita slova u eksponentu u tabeli ukazuju na statistički značajnu razliku između vrednosti, pri nivou značajnosti od p<0,05 (na osnovu post-hoc Tukey-evog HSD testa)

Jedan od osnovnih problema procesa osmotske dehidracije je upravljanje iskorišćenim osmotskim rastvorom, gde ovaj problem ima značajne ekonomske ali i ekološke implikacije. Obzirom na zahteve procesa za velikim količinama rastvora koji se koriste u procesu, pravilno rukovođenje i upravljanje osmotskim rastvorima postaje jedan od najznačajnijih elemenata za uspešnost proizvodnje. Ukoliko se ne koristi u drugim tehnologijama, osmotski rastvor se tretira kao otpadni produkt koji zbog visokog sadržaja šećera i drugih organskih materija predstavlja ozbiljnog zagađivača voda, te je neophodan tretman prečišćavanja pre samog ispuštanja u okolinu. (Mišljenović, 2012).

Duži niz godina u našoj zemlji ispituje se mogućnost upotrebe melase šećerne repe u procesu osmotske dehidracije, kao osmotskog rastvora (Mišljenović, 2012; Filipović, 2013). Melasa ima visok sadržaj suve materije, preko 80% s.m., a predstavlja značajan izvor brojnih mikronutrijenata. Ukoliko se melasa šećerne repe koristi kao osmotski rastvor, nakon višestruke upotrebe može se koristiti kao podloga za proizvodnju bioetanol, kao dodatak u proizvodnji hrane za životinje ili dalje u proizvodnji kvasaca kao što joj je i osnovna namena – rešavajući problem otpadnog rastvora. U poređenju sa drugim, komercijalnim osmotskim rastvorima, melasa je puno jeftinija.

Zaključak

Proces osmotske dehidracije je kvalitetna alternativa klasičnim metodama sušenja sirovina biljnog i animalnog porekla.

Proces osmotske dehidracije, usled svoje karakteristike da menja i unapređuje nutritivni i senzorni profil dehidrane sirovine, daje mogućnost proizvodnje novih vrsta prehrambenih proizvoda od konvencionalnih sirovina.

Melasa kao alternativan osmotski rastvor, pokazuje veću tehnološku efikasnost procesa od konvencionalno korišćenih osmotskih rastvora, uz nisku cenu melase kao sirovine za pripremu osmotskih rastvora. Veoma povoljan krajnji hemijski sastav dehidriranih poluproizvoda, koji u svom sastavu uključuju povoljan sastav melase, na taj način omogućavaju uvođenje melase šećerne repe u svakodnevnu ishranu potrošača.

Energetski je efikasan proces, koji ne zahteva velik utošak energije, a proces ima dovoljnu tehnološku efikasnost čak i pri temperaturama koje ne zahtevaju dodatni utošak energije

Unapređenjem procesa osmotske dehidracije, u pogledu povećanja efikasnosti korišćenih uređaja i rešavanja problema velikih količina iskorišćenih osmotskih rastvora, otvorila bi se još veća mogućnost primene ovog procesa u širim industrijskim razmerama.

Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta Osmotska dehidracija hrane – energetski i ekološki aspekti održive proizvodnje, TR – 31055 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

- Chen X.D., Mujumdar A.S. (2008). *Drying Technologies in Food Processing*, Wiley-Blackwell
- Chua K. J., Mujumdar A. S., Hawlader M. N. A., Chou S. K., Ho, J. C. (2001). Batch drying of banana pieces—effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour. *Food Research International* 34 (8): 721–731.
- Dalla Rosa M., Giroux, F. (2001). Osmotic Treatments (OT) and Problems Related to the Solution Management. *Journal of Food Engineering*. 49 (2-3): 223-236.
- Filipović V. (2013): Uticaj procesa osmotske dehidracijena prenos mase i kvalitet mesa svinja, Doktorska disertacija, Novi Sad, Tehnološki fakultet.
- Filipović V., Čurčić B., Nićetin M., Knežević V., Lević Lj., Pezo L. (2014a). Estimation of Energy Efficiency of the Process of Osmotic Dehydration of Pork Meat. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 18 (1): 18-21
- Filipović V., Čurčić B., Nićetin M., Plavšić D., Koprivica G., Mišljenović N. (2012): Mass transfer and microbiological profile of pork meat dehydrated in two different osmotic solutions. *Hemijaska Industrija*. 66 (5): 743-748.
- Filipović V., Lević Lj. (2014). Kinetika procesa osmotske dehidracije i uticaj na kvalitet svinjskog mesa, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet: 1-134
- Filipović V., Lević Lj., Čurčić B., Nićetin M., Pezo L., Mišljenović N. (2014b): Optimisation of Mass Transfer Kinetics During Osmotic Dehydration of Pork Meat Cubes in Complex Osmotic Solution, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*. 20 (3): 305-314.

- Lenart A., Lewicki P. P. (1988). Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue. *Acta Alimentaria Polonica*. 1: 65-72.
- Mišljenović N.(2012). Osmotska dehidracija u melasi šećerne repe i rastvorima saharoze kao energetski efikasan i ekološki prihvatljiv tehnološki postupak povećanja održivosti voća i povrća, Doktorska disertacija, Novi Sad, Tehnološki fakultet.
- Ničetin M., Ćurčić B., Filipović V., Knežević V., Kuljanin T., Pezo L. (2013). The Nutritional Value of Osmodehydrated Pork Influenced by Chemical Characteristics of Different Osmotic Solutions, Third International Conference Sustainable Postharvest and Food Technologies, INOPTER, 21-26. April, Vrnjačka Banja, Srbija: 340.
- Ničetin M., Filipović V., Ćurčić B., Pezo L., Knežević V., Gubić J., Kuljanin T. (2012). The Influence of Different Osmotic Solutions on Nutritive Profile During Osmotic Dehydration of Pork, XV International Feed Technology Symposium „Feed to Food“ / Cost Feed for Health Joint Workshop, Novi Sad, 3-5. 10., 203-208.
- Pezo L., Ćurčić B., Filipović V., Ničetin M., Koprivica G., Mišljenović N. Lević Lj. (2013). Artificial neural network model of pork meat cubes osmotic dehydration. *Hemjska Industrija*. 67 (3): 465-475.
- Sereno A.M., Hubinger M.D., Comesañac J.F. i Correa A. (2001). Prediction of water activity of osmotic solutions. *Journal of Food Engineering*. 49 (2-3): 103-114.
- Shi J., Xue S. J. (2009). Application and Development of Osmotic Dehydration Technology in Food Processing, *Advances in Food Dehydration*, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 187-208.

TECHNOLOGICAL, ENERGY AND ECOLOGICAL ASPECT OF FOOD OSMOTIC DEHYDRATION PROCESS

Vladimir Filipović¹, Milica Ničetin¹

Abstract

Osmotic dehydration has shown the potential for obtaining food products of enhanced characteristics. Numerous technological factors affects osmotic dehydration process, while increasing the magnitude of technological parameters mass transfer in process is intensified. Osmotic dehydration process, due to its characteristics to change and upgrade dehydrated raw material nutritive, sensory and microbiological profile, provides the possibility to produce new types of products from conventional raw materials. This is energy efficient process, which does not require high energy input and provides high technology efficiency even at process temperatures that are not energy demanding.

Key words: osmotic dehydration, sugar beet molasses, energy efficiency, ecological process.

¹ University of Novi Sad, Faculty of Technology, Bul. cara Lazara 1, Novi Sad, Serbia (vladaf@uns.ac.rs).