

Biblid: 0350-2953 (2014) 40(2): 97-106
UDK: 66.047.55:635.13

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**PROMENA MASE KORENA MRKVE U PROCESU OSMOTSKOG SUŠENJA U
ZAVISNOSTI OD PRIMENJENOG PREDTRETMANA
MASS EXCHANGE OF CAROT ROOT DURING OSMOTIC DRYING IN
RELATION OF PRETREATMENT**

Ponjičan, O, Bajkin A, Radomirović D, Pavkov I, Radojčin M.¹

¹Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad
e-pošta: ponio@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Istraživanje promene masa u procesu osmotskog sušenja korena mrkve izvedeno je u Laboratoriji za biosistemsko inženjerstvo, na Departmanu za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu. Od svežih korenova mrkve hibrida "bolero", formirani su diskovi visine 10 mm. Pre osmotskog sušenja uzorci korena mrkve su tretirani 4% jabučnom kiselinom ili blanširani. Radi kontrole uticaja predtretmana jedan deo uzoraka nije tretiran. Blanširanjem uzoraka korena mrkve u vodi, i gubitak suve materije iznosi 0,77%. Gubitak suve materije je posledica ispiranja hranljivih materija u toku procesa blanširanja u vodi. Osmotsko sušenje je izvedeno u rastvoru saharoze u dva režima: režim jedan (40°C i 50°Bx) i drugi režim rada (60°C, 65°Bx). Temperatura rastvora, koncentracija rastvora i vreme trajanja procesa osmotskog sušenja imaju značajan uticaj na gubitak vode (WL) i povećanje suve materije (SG) u sušenim uzorcima. Povećanjem vrednosti posmatranih parametara, utvrde su više vrednosti promene masa u toku osmotskog sušenja. Za drugi režim sušenja nakon 180 minuta osmotskog sušenja utvrđena je vlažnost uzorka od 47,15%_{vb} (predtretman jabučnom kiselinom), gubitak vode 69,88% (predtretman jabučnom kiselinom, TJK) i povećanje suve materije 13,97% (predtretman blanširanjem). Na osnovu izmerenih promena masa u toku osmotskog sušenja može se pristupiti izboru najpovoljnijeg režima sušenja prema unapred zadatim kriterijumima kvaliteta krajnjeg proizvoda.

Ključne reči: koren mrkve, osmotsko sušenje, vlažnost, gubitak vode, povećanje suve materije

1. UVOD

Prilikom prerade korenastog povrća za očuvanje boje najčešće se koristi predtretman blanširanjem. Blanširanje povrća se izvodi vodenom parom ili toplom vodom i to najčešće u vremenskom intervalu od 1-10 minuta na temperaturama 75-95°C u zavisnosti od vrste povrća (Cano, 1996). Povećanjem vremena i temperature blanširanja boja mrkve postaje tamnija zbog promene pigmenta karotenoida. Blanširanje može imati negativan uticaj na hranljive materije kao što su vitamini i fenolna jedinjenja koji su relativno nestabilni prilikom izlaganja toplotnim tretmanima (Prochasha et al, 2000). Dodavanjem kalcijuma odnosno kombinacijom blanširanja i kalcijuma može se poboljšati čvrstoća termički obrađene mrkve (Siliha et al, 1996). Smout et al, (2005) preporučuju nisku vrednost temperature blanširanja zbog poboljšanja teksture mrkve. Jedno od mogućih rešenja je

tretiranje na temperaturi od 70°C u vremenskom intervalu od 30 minuta, a zatim potapanje u 0,5% u rastvor kalcijuma u vremenskom intervalu od 1 čas.

Konvencionalne metode konzerviranja (konvektivno sušenje, zamrzavanje itd.) koje se obično koriste za čuvanje hrane, često izazivaju smanjenje nutritivnih i senzorskih osobina tretiranog voća i povrća (gubitak vitamina, promene u boji, izmenjenog ukusa i teksture, loše sušenje). Glavni nedostaci konvektivnog sušenja su visoka potrošnja energije i gubitak termolabilnih komponenta hrane.

Osmotsko sušenje je proces uklanjanja vlage, koji se zasniva na potapanju hrane (voće, povrće, meso, riba) u hipertonični rastvor. Saharoza, glukoza, fruktoza, kukuruzni sirup i natrijum hlorid su najčešće korišćeni osmotski agensi. Rastvor saharoze se obično koristi za voće, a rastvor natrijum hlorida za povrće (Singh, 2010). Dodavanjem male količine natrijum hlorida u osmotski rastvor povećava se pokretačka snaga procesa sušenja i sinergistički efekti između saharoze i natrijum hlorida (Azoubel and Murr, 2004; Singh et al, 2006).

Pokretačka snaga osmotskog procesa sušenja je bazirana na razlici osmotskih pritisaka između proizvoda i osmotskog rastvora (Mišljenović et al, 2011). Dva velika istovremena kontra toka se opažaju tokom sušenja: tok vode iz hrane u rastvor i istovremeno prenos supstance koja se rastvara iz rastvora u hranu (Madamba et al, 2003). Postoji i treći tok prirodnih supstanci kao što su šećeri, organske kiseline, minerali, soli, itd, koje prelaze iz hrane u rastvor (Waliszewski et al, 2002). Sve ove masene promene mogu imati uticaj na organoleptički i/ili nutritivni kvalitet proizvoda (Singh et al, 1999; Sablani et al, 2002). Fluks vode koja dolazi iz hrane je mnogo veći nego kontra-vrednost fluksa osmoaktivne supstance. Smatra se da osmoza može izazvati smanjenje mase svežeg voća i povrća do 50% (Kar and Gupta, 2001). Osmotsko sušenje je jedan od energetske efikasnijih načina za uklanjanje vode iz hrane, jer voda ne mora da prolazi kroz faze promena da bi bila izdvojena iz proizvoda (Madamba et al, 2003; Babić i sar, 2004). Osmotsko sušenje je efikasno čak na sobnoj temperaturi i čuva boju, ukus i teksturu hrane prilikom termičke obrade. Koristi se kao predtretman za poboljšanje nutritivnih, senzornih i funkcionalnih svojstava hrane. Hrana koja je osmotski osušena može se dodatno obraditi zamrzavanjem, konvektivnim, vakuumskim sušenjem itd. (Nanjundaswamy et al, 1978). Pavkov i dr, (2013) navode princip matematičkog modelovanja kinetike osmotskog sušenja polutki nektarina koje su prethodno osmotski sušene. Osmotsko sušenje se može obaviti u rastvoru saharoze (Uddin et al, 2004) kao i rastvoru natrijum hlorida (Barbosa et al, 2004), kao i njihovom kombinacijom (Singh et al, 2010). Osmotski rastvor definišu promenljive: koncentracija i temperatura osmotskog rastvora, kao i dužina trajanja osmotskog procesa sušenja (Singh et al, 2010). Tokom osmotskog procesa sušenja, obično se meri sadržaj vlage i promene mase (Mišljenović, 2011) i na osnovu njih izračunavaju gubitak vode i povećanje sadržaja suve materije (Uddin et al, 2004).

Cilj istraživanja je bio da se meri vlažnost i masa uzorka korena mrkve u svežem stanju, nakon primenjenog predtretmana i nakon osmotskog sušenja. Na ovaj način su dobijene polazne vrednosti za izračunavanje gubitka vode (water loss WL) i povećanja suve materije (sugar gain SG) u toku odvijanja procesa osmotskog sušenja u vremenskom intervalu od 180 minuta pri različitim temperaturama i koncentracijama osmotskog rastvora. Takođe je ispitivan i uticaj predtretmana (tretiranje jabučnom kiselinom i blanširanje) na promenu mase u toku osmotskog sušenja. Grafici i izračunate jednačine promene mase uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja, predstavljaju osnovu za

izbor najpovoljnijeg režima sušenja prema unapred zadatom kriterijumu kvaliteta krajnjeg proizvoda.

2. MATERIAL I METOD RADA

2.1. Materijal

Eksperimentalna istraživanja su izvedena u Laboratoriji za biosistemske inženjerstvo, na Departmanu za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Svež koren mrkve hibrida "bolero" koji je korišćen za potrebe ispitivanja obezbeđen je direktno od proizvođača iz Begeča. Za potrebe merenja izabrano je 10 standardnih, po veličini ujednačenih korenova mrkve. Iz središnjeg dela korena formirani su diskovi visine 10 mm ujednačenog rečnika 31,5 mm. Za određivanje promene mase korišćeno je 10 cilindara ukupne prosečne mase 74,63 g. Masa uzoraka korena je merena pomoću analitičke vage (tab. 1). Prosečna veličina uzorka za određivanje vlažnosti je bila 22,39 g. Za merenje vlažnosti uzoraka korena mrkve u pojedinim fazama ispitivanja korišćen je termogravimetrijski metod (*Službeni list, 1983*). Sušenje je izvedeno u laboratorijskoj sušnici na temperaturi 80°C u trajanju od 24 časa. Osmotsko sušenje je izvedeno pomoću Modelske eksperimentalne sušare za osmotsko sušenje (*Babić i sar, 2005; Pavkov, 2012*). Temperatura osmotskog rastvora i vode za blanširanje kontrolisana je pomoću živinog termometra. Koncentracija osmotskog rastvora je kontrolisana pomoću digitalnog refraktometra.

Tabela 1 Merna oprema korišćena u toku ispitivanja
Table 1 Measurement equipments used in research process

Merena veličina, oznaka u radu i jedinica	Naziv instrumenta, proizvođač, model	Opseg merenja, rezolucija, tačnost instrumenta
Prečnik i visina uzoraka $D; H$ (mm)	Pomično merilo, TMA INOX, D-6-1, Nemačka	0-200 mm; 0,1 mm; $\pm 0,05$ mm
Masa uzorka m (g)	Analitička vaga, KERN 440-33N, Nemačka	0-200 g, 0,01g, $\pm 0,02$ g
Vlažnost uzorka ω_{vb} (% _{vb})	Laboratorijska sušnica Sterimatic ST-11 "Instrumentarija", Zagreb Aluminijumske posudice 60x40mm	
Temperatura osmotskog rastvora t_r (°C)	Živin termometar; Tlos, HRK-4-1001, Zagreb	0-110°C, 1°C, $\pm 0,5$ °C
Koncentracija osm. rastvora C_r (°Bx)	Digitalni refraktometar, "ATAGO" Japan; PAL- α	0-85°Bx, 0,1°Bx, $\pm 0,1$ °Bx
Merenje vremena τ (min)	Digitalni sat sa štopericom i alarmom, NOKIA 6300, Finska	0-60 min, 0,1 s, $\pm 0,1$ s

2.2. Metod rada

Zadatak rada je bio da se na osnovu, izmerenih fizičkih osobina, mase i vlažnosti uzorka mrkve, odredi gubitak vode (WL) i povećanje suve materije (SG), u toku osmotskog sušenja primenom različitih vrsta predtretmana. Gubitak vode i povećanje suve materije u uzorku je izračunat prema jednačini (*Uddin et al, 2004*):

$$WL = \frac{(m_{sv} - m_{os})}{M} \cdot 100 (\%)$$

$$SG = \frac{(s_{os} - s_{sv})}{M} \cdot 100 (\%)$$

gde je:

- sadržaj vode u svežem uzorku m_{sv} (g),
- sadržaj vode u osmotski osušenom uzorku m_{os} (g),
- sadržaj suve materije u svežem uzorku s_{sv} (g),
- sadržaj suve materije u osmotski sušenom uzorku s_{os} (g) i
- masa svežeg uzorka M (g),

Uzorci korena mrkve pre osmotskog sušenja su ili tretirani jabučnom kiselinom (TJK) (4%) u trajanju od 20 minuta ili blanširani (TB) u vodi zagrejanoj na temperaturu 90°C u trajanju 3 minuta, a jedan deo radi kontrole uticaja predtretmana nije tretiran (NT). Nakon primene određenog predtretmana pristupilo se osmotskom sušenju u osmotskom rastvoru saharoze u trajanju od 180 minuta. Odnos masa uzorka mrkve i osmotskog rastvora bio je veći od 1:10, što predstavlja dovoljan uslov da ne dolazi do značajnog pada koncentracije saharoze u toku procesa osmotskog sušenja (*Le Marguer, 1988*). Osmotsko sušenje je izvedeno u dva režima: prvi režim (40°C i 50°Bx) i drugi režim (60°C i 65°Bx), (*Pavkov et al, 2011, 2013*). Za pripremu osmotskog rastvora korišćen je šećer (saharoz) proizveden iz šećerne repe, kupljen u prodavnici. U toku osmotskog sušenja na svakih 20 minuta merena je promena mase i uzimani su uzorci iz kojih je određivana promena mase i vlažnosti uzorka. Dobijene srednje vrednosti su statistički obrađene pomoću nelinearne regresije i izračunate su polinomne jednačine drugog stepena. Navedene jednačine ocenjene su preko koeficijenta determinacije R^2 . Za crtanje grafikona, izračunavanje regresionih jednačina i koeficijenta determinacije korišćen je programski paket Microsoft Office Excel 2007.

3. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Vlažnost svežih uzoraka korena mrkve kretala se u intervalu od 89,04 do 90,10%_{vb} (tab. 2), ili prosečno 89,58%_{vb}. Različite vrednosti vlažnosti materijala su posledica nehomogenosti poljoprivrednih materijala.

Predtretmanom diskova mrkve rastvorom jabučne kiseline izmeren je minimalni gubitak mase uzoraka korena mrkve od 0,33%, a što je posledica gubitka suve materije. Vrednosti promene suve materije su minimalne i nisu posebno analizirane.

Blanširanjem je došlo značajnijeg smanjenja mase uzorka korena za 7,53%, pri čemu je gubitak suve materije bio 0,77%. Ovo je značajan gubitak suve materije i posledica je ispiranja hranljivih materija u toku procesa blanširanja u vodi (*Reyes De Corcuera et al, 2004*). *Ponjičan et al, (2013)*, navode da je blanširanjem uzoraka korena celera došlo je do smanjenja njegove mase za 1,61%, a u isto vreme je došlo do povećanja vlažnosti za 0,82%. Blanširanje mrkve ne bi trebalo primenjivati pre osmotskog sušenja zbog smanjenja polupropustljivosti čelijske membrane (*Ponting, 1973*) i zbog smanjenja β -karotena (*Negi and Roj, 2000*).

Tab. 2. Promena vlažnosti, gubitka vode i povećanja sadržaja šećera u uzorku korena mrkve pre i nakon osmotskog sušenja u zavisnosti od predtretmana i režima osmotskog sušenja

Tab. 2. Moisture content, water loss and sugar gain carrot root sample exchange before and after osmotic drying depend on pretreatment and osmotic drying regime

Osmotsko sušenje (OD) Osmotic drying (OD)	Predtretman Pretreatment	Režim OD Regime OD	ω_{vb} (% _{vb})	WL (%)	SG (%)
Pre Before	NT	40°C, 50°Bx	90,10	0,00	0,00
		60°C, 65°Bx	89,04	0,00	0,00
	TJK	40°C, 50°Bx	89,40	0,32	-0,04
		60°C, 65°Bx	89,26	0,25	-0,03
	TB	40°C, 50°Bx	89,91	7,37	-0,83
		60°C, 65°Bx	89,74	6,16	-0,70
Nakon 180 min. After 180 min.	NT	40°C, 50°Bx	69,40	48,30	8,52
		60°C, 65°Bx	48,96	68,01	10,97
	TJK	40°C, 50°Bx	65,15	49,27	10,86
		60°C, 65°Bx	47,15	69,88	10,96
	TB	40°C, 50°Bx	66,96	42,69	13,19
		60°C, 65°Bx	50,06	65,50	13,97

Nakon osmotskog sušenja u trajanju od 180 minuta, u zavisnosti od primenjenog predtretmana (NT, TJK, TB) za prvi režim osmotskog sušenja (40°C, 50°Bx) ostvarene su vrednosti vlažnosti uzorka 69,40; 65,15 i 66,96%_{vb}, pri čemu je gubitak vode bio 48,30; 49,27 i 42,69%, uz povećanje sadržaja šećera za 8,52; 10,86 i 13,19% u odnosu na masu svežeg uzorka. Za drugi režim osmotskog sušenja (60°C, 65°Bx) ostvarene su znatno niže vrednosti vlažnosti uzorka od 48,96; 47,15 i 50,06%_{vb}, uz gubitak vode od 68,01; 69,88 i 65,50% i povećanje sadržaja šećera za 10,97; 10,96 i 13,97%. Za predtretman sa jabučnom kiselinom izmerene su najniže vrednosti za vlažnost uzorka nakon osmotskog sušenja, i najviše vrednosti za gubitak vode. Najviša vrednost povećanja sadržaja šećera utvrđena za uzorke prethodno tretirane blanširanjem. Uticaj promene režima sušenja na povećanje sadržaja suve materije najviše je izražen za netretirani uzorak.

Praćenjem vrednosti gubitka vode (WL) i sadržaja šećera (SG) u toku trajanja procesa osmotskog sušenja, dobija se detaljna analiza, koja predstavlja osnovu za izbor najpovoljnijeg režima sušenja prema različitim kriterijumima. Uticaj režima (koncentracije i temperature) osmotskog sušenja, kao i uticaj prethodno primenjenog predtretmana u toku procesa osmotskog sušenja na promenu masa prikazan je na slikama 1 i 2.

Analizom gubitka vode u toku procesa osmotskog sušenja utvrđeno je da primenjeni režim osmotskog sušenja ima velikog uticaja na gubitak vode iz uzorka. Za prvi režim osmotskog sušenja (40°C, 50°Bx) izmerene su niže vrednosti gubitka vode, s tim da je analizom utvrđena približno linearna zavisnost, i pretpostavka je da bi produženjem dužine trajanja procesa došlo do dodatnog povećanja vrednosti gubitka vode. Za drugi režim osmotskog sušenja (60°C, 65°Bx) gubitak vode u zavisnosti od vremena sušenja ima izrazito nelinearnu karakteristiku, jer se na početku osmotskog sušenja voda iz uzorka intenzivnije izdvaja. Nakon 180 minuta osmotskog sušenja u prvom režimu (40°C, 50°Bx), dobija se ista vrednost gubitka vode, kao nakon 40 do 60 minuta prilikom osmotskog sušenja u drugom režimu (60°C, 65°Bx). Ukoliko rastvor za osmotsko sušenje ima višu

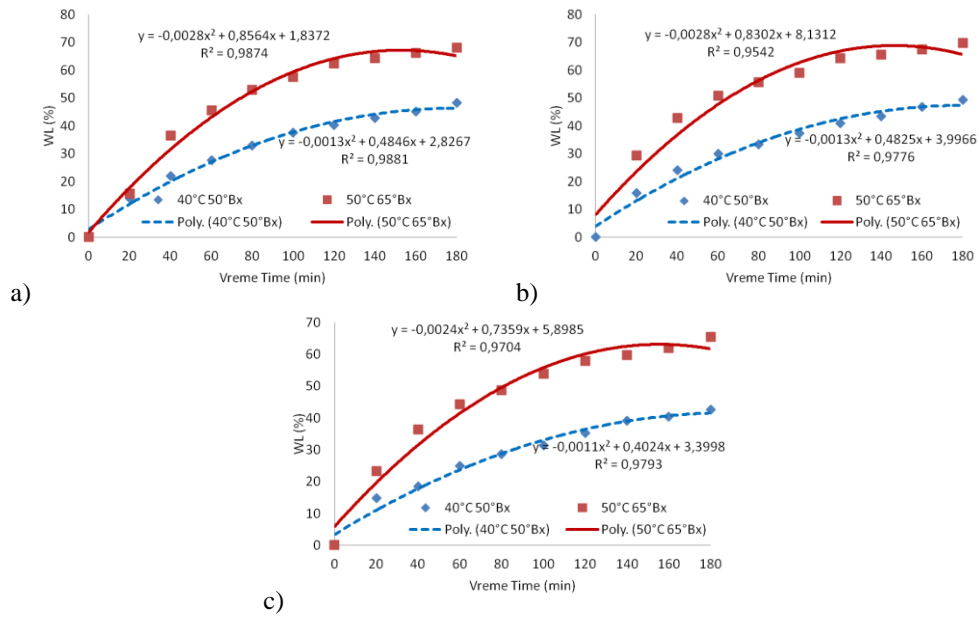
koncentraciju i sušenje se odbija na višoj temperaturi, proces sušenja može da traje znatno kraće, a da se pri tome dobiju željene vrednosti gubitka vode. *Uddin et al*, 2004, su takođe utvrdili da u početku tretiranja dolazi do naglog gubitka vode iz korena mrkve, u toku vremena se ta brzina smanjuje sve do dostizanja ravnotežne vrednosti nakon 6 časova. Na gubitak vode iz tkiva najveći uticaj je imala koncentracija rastvora i vreme trajanja procesa, a temperatura je imala manji uticaj (*Uddin et al*, 2004). Povećanje koncentracije rastvora preko 60% ne dovodi do dodatnog povećanja brzine gubitka vode iz voća i povrća (Ponting et al, 1966). Povećanjem temperature osmotskog rastvora dolazi do bržeg gubitka vode oticanjem zbog povećanja plastičnosti ćelijskih membrana kao i zbog boljeg transfera vode na površinu produkta zbog smanjenja viskoziteta osmotskog medijuma (Contreras and Smyral, 1981). Mrkva ima poroznu strukturu i pri višim temperaturama oslobađa se zarobljen vazduh iz tkiva, što doprinosi efikasnijem odnošenju vode pomoću osmotskog pritiska.

Primena različitih predtretmana nije imala značajniji uticaj na tok osmotskog sušenja, već samo na trenutne vrednosti. Za blanširane uzorke mrkve utvrđene su najniže vrednosti gubitka vode. Kada se uzme u obzir i gubitak vode prilikom blanširanja, razlike između predtretmana su minimalne.

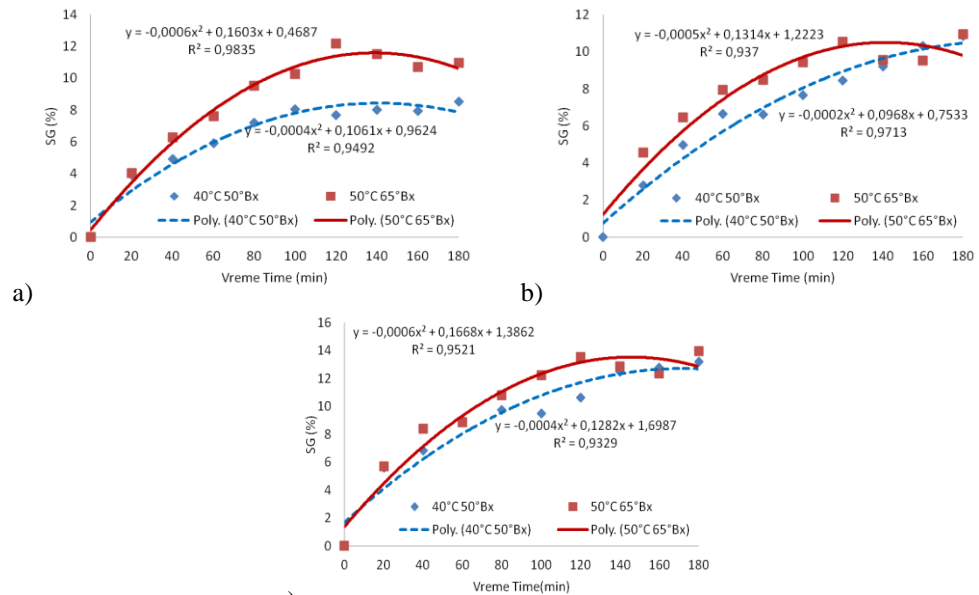
Pomoću nelinearne regresione analize utvrđene su jednačine koje sa visokim stepenom korelacije opisuju tok osmotskog sušenja u vremenskom intervalu od 180 minuta. Visoki koeficijent determinacije R u granicama 0,95 do 0,99 dobijeni su za polinomne jednačine drugog stepena. Jednačine koje opisuju gubitak vode (WL) u toku osmotskog sušenja (vreme), posebno su napisane u zavisnosti od vrste korišćenog osmotskog rastvora i korišćenog predtretmana.

Za više vrednosti temperature i koncentracije osmotskog rastvora utvrđene su više vrednosti povećanja suve materije (SG), (sl. 2). Za blaširane uzorke korena mrkve izmerene su najviše vrednosti povećanja sadržaja suve materije, ali treba uzeti u obzir gubitak suve materije prilikom blanširanja, tako da su razlike između predtretmana minimalne.

Polinomne jednačine drugog stepena sa visokim koeficijentom determinacije (0,94 do 0,98) opisuju povećanje sadržaja suve materije, tj. saharoze u procesu osmotskog sušenja u vremenskom intervalu od 180 min. Na početku osmotskog sušenja povećanje sadržaja šećera je intenzivnije. Za drugi režim sušenja (60°C, 65°Bx) do zasićenja i prestanka povećanja suve materije dolazi već nakon 120 minuta osmotskog sušenja, a približno iste vredosti za prvi režim (40°C, 50°Bx) osmotskog sušenja se dobijaju tek nakon 180 minuta osmotskog sušenja. Posebno su napisane jednačine u zavisnosti od primenjenog režima sušenja, kao i od primenjenog predtretmana. Na povećanje sadržaja šećera u uzorku mrkve najveći uticaj ima temperatura i vreme tretiranja, a koncentracija osmotskog rastvora ima manji uticaj (*Uddin et al*, 2004).



Sl. 1. Gubitak vode (WL) u zavisnosti od pretretmana i režima osmotskog sušenja: a) bez pretretmana; b) tretirano jabučnom kiselinom; c) blanširano



Sl. 2. Povećanje šećera (SG) u zavisnosti od pretretmana i režima osmotskog sušenja
 a) bez pretretmana; b) tretirano jabučnom kiselinom; c) blanširano

Fig. 2. Sugar gain (SG) rise depend on pretreatment and osmotic drying regime
 a) without pretreatment; b) treated with malic acid; c) blanched

4. ZAKLJUČAK

Blanširanjem uzoraka korena mrkve u vodi, došlo je značajnijeg smanjenja mase uzorka korena za 7,53%, od toga gubitak suve materije iznosi 0,77%. Ovo je značajan gubitak suve materije i posledica je ispiranja hranljivih materija u toku procesa blanširanja u vodi. Zbog gubitka u suvoj materiji, ne preporučuje se blanširanje u vodi. Primenjeni predtretmani imali su značajan uticaj i na gubitak vode i povećanje u toku osmotskog sušenja. Uticaj predtretmana je minimalan kada se posmatra ukupna promena masa u odnosu na svež uzorak.

Temperatura, koncentracija i vreme trajanja imaju velikog uticaja na gubitak vode i povećanje suve materije. Povećanjem vrednosti posmatranih parametara, utvrde su više vrednosti promene masa u toku osmotskog sušenja. Za drugi režim sušenja (50°C, 65°Bx) nakon 180 minuta osmotskog sušenja utvrđena je vlažnost od 47,15% (TJK), gubitak vode 69,88% (TJK) i povećanje sadržaja šećera 13,97% (TB). Na osnovu izmerenih promena masa u toku osmotskog sušenja može se odabrati režim osmotskog sušenja prema unapred zadatim kriterijumima, gubitka vlage i povećanja suve materije.

5. LITERATURA

- [1] Azoubel P. M. and Murr F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61: 291–295.
- [2] Babić M, Babić L, Pavkov I. (2004). Maseni i energetski bilansi sušenja kajsije. *Savremena poljoprivredna tehnika*. 30(3-4): 127-133.
- [3] Babić M, Babić Ljiljana, Matic-Kekić Snežana, Karadžić B, Pavkov I. (2005). Održivi energetski model proizvodnje sušenog voća kombinovanom tehnljgom. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku poljoprivrede*, 9(5): 109-111.
- [4] Barbosa Junior J. L, Alves D.G, El-Aouar A. A, Araujo E. A. F. And Murr F. E. X. (2004). Osmotic dehydration of carrot using sodium chloride solution. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)*, SaoP, Brasil, C: 1992-1997.
- [5] Cano M. P. (1996). Vegetables. In L. E. Jeremiah (Ed.), *Freezing effects on food quality*. pp. 520. New York: Marcel Dekker.
- [6] Contreras J. E, Smyral, T. G. (1981). An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. *Canadian Institute of Food Science and technology Journal*, 14, 310–314.
- [7] Kar A, Gupta D. K. (2001). Osmotic dehydration characteristics of button mushrooms. *Journal of Food Science and Technology Mysore*, 38: 352–357.
- [8] Le Marguer, M. (1988). Osmotic dehydration: review and future directions. In *Proceedings of the symposium in food preservation process*, vol. 1: 283–309. Brussel: CERFCI.
- [9] Madamba P. S. (2003). Thin layer drying models for osmotically predried young coconut. *Drying Technology*, 21: 1759–1780.
- [10] Mišljenović Nevena, Koprivica Gordana, Lević LJ. (2011). Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of carrot cubes in sugar beet molasses. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(6): 6790-6799.
- [11] Nanjundaswamy A. M, Radhakrishnaiah S. G, Balachandran C, Saroja S and Murthy, R. K. B. S. (1978). Studies on development of new categories of dehydrated products from indigenous fruits. *Indian Food Packer*, 22: 91–93.

- [12] Negi P. S, Roy S. K. (2000). Effect of low-cost storage and packaging on quality and nutritive value of fresh and dehydrated carrots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 2169–2175.
- [13] Pavkov I, Babić L, Babić M, Radojčin M, Stojanović Č. (2011). Effects of osmotic pre-treatment on convective drying kinetics of nectarines halves (*Pyrus persica* L.). *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15(4), 217-222.
- [14] Pavkov I. (2012). Kombinovana tehnologija sušenja voćnog tkiva, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, s. 70.
- [15] Pavkov I, Babić L, Babić M, Radojčin M, Stamenković Z. (2013). Matematičko modelovanje kinetike konvektivnog sušenja polutki nektarina (*Pyrus persica* L.). *Savremena poljoprivredna tehnika*, 39(2):103-112.
- [16] Ponjičan O, Babić M, Radojčin M, Bajkin A, Radomirović D. (2013). The physical behavior of celery during osmotic drying. *Proceedings 3rd International conference Sustainable Postharvest and Food Technologies - INOPTTEP 2013*. April 21st – 26th, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia: 152-158.
- [17] Ponjičan O, Bajkin A, Babić M, Pavkon I, Radojčin M. (2013). Changes in physical properties of carrot root after osmotic dehydration. *The First International Symposium on Agricultural Engineering, ISAE-2013*, 4th-6th October 2013. Belgrade-Zemun, Serbia. IV-25 - IV-31. ISBN: 978-86-7834-179-3.
- [18] Ponting J.D, Walters G.G, Forrey R.R, Jackson R, Stanley W.L. (1966). Osmotic dehydration of fruits. *Food Technology*, 20, 125–128.
- [19] Ponting, J. D. (1973). Osmotic dehydration of fruits: Recent modifications and applications. *Process Biochemistry*, 8, 18–22.
- [20] Prochaska L. J, Nguyen X. T, Donat N. and Piekutowski W. V. (2000). Effects of food processing on the thermodynamic and nutritive value of foods: literature and database survey. *Medical Hypotheses*, 54(2): 254-262.
- [21] Reyes De Corcuera J, Cavalieri R, Powers J. (2004). Blanching of Foods, *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*. Washington State University, Pullman, Washington, U.S.A.
- [22] Uddin Burhan M, Ainsworth P. and Ibanoglu S. (2004). Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 65: 473–477.
- [23] Le Marguer M. (1988). Osmotic dehydration: review and future directions. In *Proceedings of the symposium in food preservation process*, 1:283–309. Brussel: CERFCL.
- [24] Sablani S.S, Rahman M.S, Al-Sadeiri D.S. (2002). Equilibrium distribution data for osmotic drying of apple cubes in sugar–water solution. *Journal of Food Engineering*, 52: 193–199.
- [25] Siliha H, Jahn W. and Gierschner K. (1996). Effect of a new canning process on cell wall pectic substances, calcium retention and texture of canned carrots. In J. Visser & A. G. J. Voragen (Eds.): 495–508.
- [26] Singh S, Shivhare U.S, Ahmed J, Raghavan G.S.V. (1999). Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. *Food Research International*, 32: 509–514.
- [27] Singh B, Panesar P.S, Nanda V, Gupta A.K, Kennedy J.F. (2006): Application of response surface methodology for the osmotic dehydration of carrot. *Journal of Food Process Engineering* 29: 592–614.

[28] Singh B, Panesar P, Nanda V, Kennedy J. (2010). Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. Food Chemistry 123: 590–600.

[29] Smout C, Sila D. N, Vu T. S, Van Loey M. L and Hendrickx E. G. (2005). Effect of preheating and calcium pre-treatment on pectin structure and thermal texture degradation: a case study on carrots. Journal of Food Engineering 67: 419–425.

[30] Službeni list SFRJ (1983). Pravilnik o metodama uzimanja uzorak i vršenja hemijskih i fizičkih analiza radi kontrole kvaliteta proizvoda od voća i povrća, 29/83

[31] Waliszewski K. N, Pardio V. T. and Ramirez M. (2002). Effect of EDTA on color during osmotic dehydration of banana slices. Drying Technology, 20: 1291–1298.

MASS EXCHANGE OF CAROT ROOT DURING OSMOTIC DRYING IN RELATION OF PRETREATMENT

Ponjičan, O, Bajkin A, Radomirović D, Pavkov I, Radojčin M

Univerzity of Novi Sad, Faculty of agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad

e-mail: ponio@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

A test mass change of carrot root in the osmotic drying was carried out at the Laboratory of Biosystems Engineering, the Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture in Novi Sad. Of fresh carrot root cultivar "bolero", formed the discs height of 10 mm. Before osmotic drying of carrot root samples were treating 4% malic acid or blanched. In order to control the impact of the pretreatment part of the samples not treated. Samples of carrot root blanching in water, there was a significant reduction in the root mass 7.53%, dry mater loss. This is a significant dry matter loss and is a consequence of leaching of nutrients in the process of blanching in water. The osmotic drying is carried out in a solution of sucrose in two regimes: a regime (40°C, 50°Bx) and a second regime (60°C, 65°Bx). Temperature, concentration and duration of osmotic drying have a major impact on water loss (WL) and an increase in sucrose gain (SG). Increasing values of the observed parameters, fortified the higher values change mass during osmotic draying. For the second drying regime after 180 minutes of osmotic draying was determined sample moisture content of 47.15%_{vb} (pretreatment malic acid), water loss 69.88% (pretreatment with malic acid, TJK) and an increase in sucrose gain 13.97% (pretreatment blanching). Based on the measured mass changes during osmotic drying can be accessed by choosing the optimal drying regime to predefined criteria.

Keywords: carrot, osmotic, humidity, water loss, increase the sugar content

<p>Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu: TR – 031058, Kombinovana tehnologija sušenja voća i povrća iz integralne i organske proizvodnje, koji finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Vlade Republike Srbije.</p>

Primljeno: 17. 05. 2014. god.

Prihvaćeno: 23. 05. 2014. god.