

UDK: 634.1:21;664.8:047

*Originalan naučni rad – Original scientific paper*

**Voćarstvo**  
ČASOPIS NAUČNOG VOĆARSKOG DRUŠTVA  
SRBIJE I CRNE GORE

## Sušenje kajsije novom tehnologijom

Ljiljana Babić, Mirko Babić, Ivan Pavkov

*Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija*

*E-mail: mbab@polj.ns.ac.yu*

**Sadržaj:** U radu je prikazana nova tehnologija koja se sastoji iz kombinovanog osmotskog i konvektivnog sušenja radi dobijanja sušene kajsije. Primarni zadatak u istraživanju je bio prikupljanje podataka o ponašanju voća tokom osmotske dehidracije. U radu su izneseni delimični rezultati, sa posebnim osvrtom na osmotsko sušenje polutki kajsije. Četiri sorte i to Ambrozija, Ananasii, Novosadska rodna i Kečkemetska ruža su bile predmet istraživanja. Usvojeni uticajni faktori pri osmotskoj dehidraciji su temperatura i koncentracija rastvora. Faktori su testirani na dva nivoa i to temperatura rastvora na 45°C i 55°C, a koncentracija rastvora na 0,70 i 0,85 vrednosti od koncentracije zasićenja šećera na izabranim temperaturama rastvora. Odgovarajuće statističke metode su korišćene radi matematičkog modeliranja rezultata merenja pod kontrolisanim laboratorijskim uslovima.

**Cljučne reči:** Kajsija, osmotsko sušenje.

### Uvod

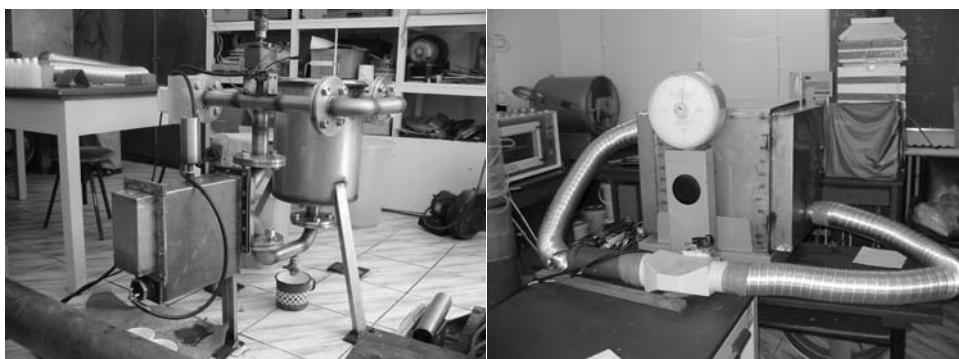
Osmotska dehidracija je dosta star proces, zastupljen u našim krajevima još od doba Turaka (Stefanović i Urošević, 1995). To su na primer spremanje voća u obliku slatka ili povrća u obliku turšije. Naučni pristup ovom obliku konzerviranja je skorašnjeg datuma. Interesovanje je naročito izraženo u poslednjih dvadesetak godina u svetu, na primer u SAD i u Japanu.

Suština procesa je migracija molekula vlage u tečnoj fazi iz proizvoda koji je potopljen u rastvor, najčešće vode i nekog rastvorka (Reppa et al., 1998; Mavroudis et al., 1998; Taylor, 1995; Martinez-Monzo et al., 1998). Ona se dešava zbog razlike u koncentracijama molekula vode u voću i u rastvoru. Proces se prekida izjednačavanjem koncentracija. No, u isto vreme se dešava migracija rastvorka iz rastvora u uzorak, a različitost u fizičkim i hemijskim osobinama materijala će usloviti različite flukseve materije. Međutim, pored ove dve migracije ne treba zanemariti ni mogućnost rastvaranja organske materije u rastvor što ima za posledicu transport u smeru od uzorka ka rastvoru. Pošto nakon osmotske dehidracije u voću ostaje još dosta vlage,

sa kojom se proizvod ne može čuvati duže vreme, potrebno ga je dosušiti, najčešće konvektivnim putem. Da bi se došlo do više saznanja o povezanosti i međusobnom uticaju ova dva procesa kod kajsije, pristupilo se laboratorijskim merenjima. Naime, pošlo se od poznate činjenice da pre konvektivnog sušenja većina voća zahteva neku tehnološku operaciju pripreme, pre svega u cilju sprečavanja enzimatskog tamnjenja. Osmotska dehidracija se može sprovesti kao način pripreme sa zadovoljenjem prethodnog stava o tamnjenju.

## Materijal i metode

Istraživanje uticaja temperature i koncentracije rastvora na način otpuštanja molekula vode iz uzoraka kajsija je obavljeno u laboratorijskim uslovima. Planom eksperimenta su izabrani uticajni faktori pri osmotskom sušenju, kao i njihovi nivoi. Prvi uticajni faktor je bio sorta kajsije. Predviđeno je da se analiziraju: Ananasni, Ambrozija, Novosadska rodna i Kečkemetska ruža zato što su rasprostranjene u užoj regiji Novog Sada. Tri velika proizviđača su obezbedila sveže uzorke, koji su odmah odlagani u frižider sa kontrolisanom temperaturom vazduha od 4°C i relativnom vlažnošću između 60 i 70%. Kao rastvorak je usvojena saharoza, a njena koncentracija u destilovanoj vodi je izabrana na dva nivoa i to  $c = 70\%$  i  $c = 85\%$  od maksimalne koncentracije na izabranim nivoima temperature rastvora. Temperatura rastvora, kao uticajni faktor osmotskog sušenja, je takođe izabrana u dva nivoa i to  $t = 45^{\circ}\text{C}$  i  $t = 55^{\circ}\text{C}$ .



Sl. 1. Osmotska i šaržna konvektivna laboratorijska sušara  
*Fig. 1. Osmotic and batch convective pilot dryer*

Faktorijski eksperiment je obavljen pri dva nivoa temperature i dva nivoa koncentracije rastvora. Osmotska dehidracija je obavljena u sudu koji je projektovan i izrađen na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu (Babić et al., 2002) (Sl. 1). Ručno oprane i polovljene kajsije su odmah potapane u pripremljen rastvor prema planu eksperimenta (Tab. 1). Svakih 15 minuta su uzimani uzorci iz osmotske sušare za merenje vlažnosti polutke. Ova procedura je rađena na početku, tokom i na kraju svake eksperimentalne jedinice. Filter papir je korišćen za brzu drenažu uzorka pre merenja vlažnosti.

Tab. 1. Plan eksperimenta  
*The plan of experiment*

Sorta <i>Cultivar</i>	Sumpori- sanje <i>Sulphuring</i>	Osmotsko sušenje/ <i>Osmotic drying</i>				Konvektivno sušenje <i>Convective drying</i>
		t = 45°C c = 0,7	t = 45°C c = 0,85	t = 55°C c = 0,7	t = 55°C c = 0,85	
Ananasnii	1a	1	1b	1c	1d	1, 1a, 1b, 1c, 1d
Ambrozija	6	2	4	3	5	2, 3, 4, 5, 6
Novosadska rodna	8	10,13	7,12	11	9	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Kečkemetska ruža	16	15	17	14	18	14, 15, 16, 17, 18

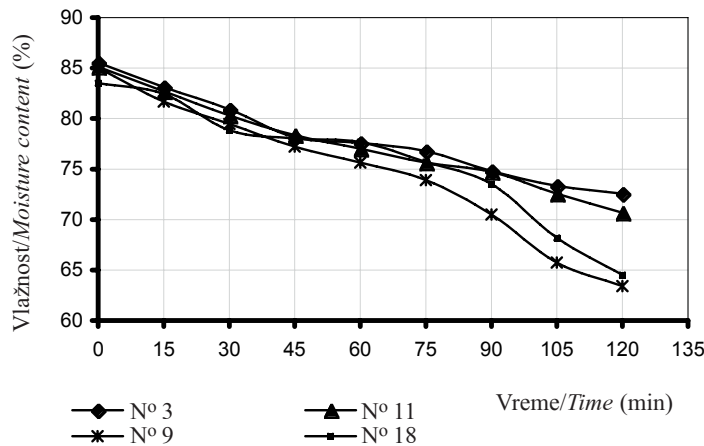
Mali broj uzoraka polutki kajsije je sušen samo konvektivno sa sumporisanjem kao načinom pripreme, te je promena vlažnosti polutki kajsija koja je praćena preko promene mase služila kao referalni postupak. Tri grama sumpora (Taylor, 1995) su sagorevana po jednom kilogramu svežih polutki kajsije. Dužina ekspozicije je bila četiri sata. Temperatura vazduha za sušenje u konvektivnoj sušari je imala istu vrednost za sve eksperimentalne jedinice. Predhodno odmerena masa uzorka sa poznatom vlažnošću je ulagana na lese sušare u elementarnom sloju. Cela sušara je postavljena na vagu, te je praćena promena mase svakih 15 minuta tokom eksperimenta. Kraj konvektivnog sušenja je izračunat na osnovu informacija o početnoj vlažnosti polutki i masi.

## Rezultati i diskusija

Merenjem trenutnih vlažnosti uzoraka polutki kajsija koji su uzimani svakih 15 minuta tokom osmotskog sušenja došlo se do podataka koji su prezentovani tabelarno i grafički. Na grafiku 1 prikazane su kinetičke krive osmotskog sušenja za četiri eksperimentalne jedinice. Da bi se ustanovio uticaj izbornih faktora na osmotsko sušenje postavljena je nulta hipoteza: temperatura i koncentracija rastvora utiču na brzinu migracije molekula vode iz polutki kajsija u rastvor. Hipoteza će se dokazati ili opovrgnuti primenom disperzione analize, kao jednom od statističkih metoda.

Analiza je urađena pracijalno, prvo je ispitan uticaj koncentracije rastvora na kinetiku osmotskog sušenja pri konstantnoj temperaturi rastvora (Graf. 1), a zatim uticaj temperature rastvora pri konstantnoj vrednosti koncentracije rastvora. Tako su na primer u prvoj analizi rezultati sledeći:  $F = 4,585222 > 4,170886 = F_{crit}$ , za  $F = 95\%$ , te je time potvrđena postavljena hipoteza. Slični rezultati su ostvareni i pri drugoj analizi.

Sledeći korak u obradi podataka merenja je bio ustanovljavanje kvaliteta ove veze. Na osnovu literaturnih podataka (Reppa et al., 1998; Raoult-Wack et al., 1991) ispitaće se dve moguće jednačine tipa:



Graf. 1. Osmotske kinetičke krive sušenja pri koncentraciji rastvora od 0,70 (N<sup>o</sup> 3 i N<sup>o</sup> 11) i koncentraciji od 0,85 (N<sup>o</sup> 9 i N<sup>o</sup> 18) pri temperaturi rastvora od 55°C  
 Graph 1. Osmotic drying curves for solution concentrations of 0.70 (N<sup>o</sup> 3 and N<sup>o</sup> 11) and 0.85 (N<sup>o</sup> 9 and N<sup>o</sup> 18) and solution temperature at 55°C

1.  $y = A x^n$  i 2.  $y = A e^{n x}$

to jest odgovarajuće regresione jedanačine su:

$$\Delta w = w_o - w = A \tau^n \quad \text{i} \quad \Delta w = w_o - w = A e^{n \tau}$$

gde je:  $w_o$  – početna vlažnost uzorka (%),  $w$  – trenutna vrednost vlažnosti uzorka (%),  $\tau$  – vreme (min), te nakon uvrštavanja uticajnih faktora jednačine su oblika:

$$\Delta w = w_o - w = A \tau^{n_1} \left( \frac{t}{t_o} \right)^{n_2} \left( \frac{c}{c_o} \right)^{n_3} \quad \text{ili} \quad w = w_o - \left[ A \tau^{n_1} \left( \frac{t}{t_o} \right)^{n_2} \left( \frac{c}{c_o} \right)^{n_3} \right] (\%) \quad (1)$$

$$\Delta w = w_o - w = A e^{n_1 \tau} \left( \frac{t}{t_o} \right)^{n_2} \left( \frac{c}{c_o} \right)^{n_3} \quad \text{ili} \quad w = w_o - \left[ A e^{n_1 \tau} \left( \frac{t}{t_o} \right)^{n_2} \left( \frac{c}{c_o} \right)^{n_3} \right] (\%) \quad (2)$$

gde su:  $t_o$  – temperatura okoline (20°C),  $t$  – temperatura rastvora (°C),  $c_o$  – maksimalno zasićenje rastvora pri izabranoj temperaturi (100%),  $c$  – koncentracija rastvora (%),  $A$  – koeficijent koji zavisi od uslova vođenja eksperimenta i  $n_1, n_2, n_3$  – eksponenti.

Metod regresione analize za oba tipa funkcija je primenjen, obrada podataka je rađena uz pomoć softverskog paketa PC, te se pokazalo da jednačina (1) ima bolji koeficijent korelacije (Tab. 2).

Tab. 2. Rezultat regresione analize  
Result of regression analysis

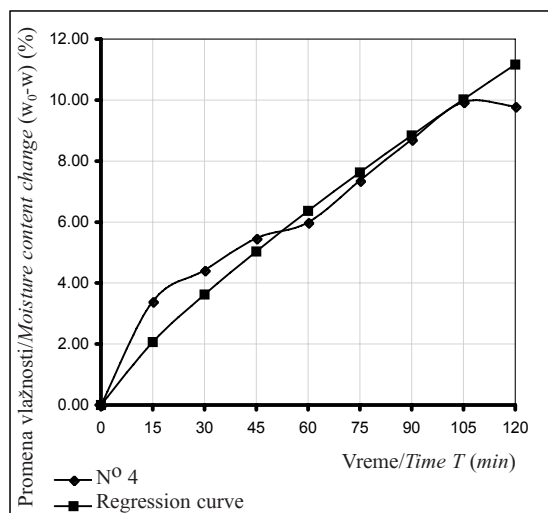
Regression Summary for Dependent Variable: ln dw  
R = 0,96726394 R<sup>2</sup> = 0,9355995  
F(3,50) = 3033,3 p<0,0000 Std. Error of estimate: 0,21862

	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B
Intercept			-2,53526	0,311731
ln (τ)	0,996397	0,0104543	0,81154	0,008515
ln (t/t <sub>0</sub> )	0,045677	0,0120716	1,374136	0,363157
ln (c/c <sub>0</sub> )	0,010035	0,0120716	0,312012	0,375342

Izračunati parametri funkcije su:  $A = e^{-2,53526} = 0,079241$ ;  $n_1 = 0,81154$ ;  $n_2 = 1,374136$ ;  $n_3 = 0,312012$ ; koeficijent korelacije:  $R = 0,96726394$ , standardna greška računanja: Std Error = 0,218. Time se došlo do empirijskog izraza:

$$w = w_o - \left[ 0,0792 \tau^{0,8115} \left( \frac{t}{t_o} \right)^{1,3741} \left( \frac{c}{c_o} \right)^{0,3120} \right] \quad (3)$$

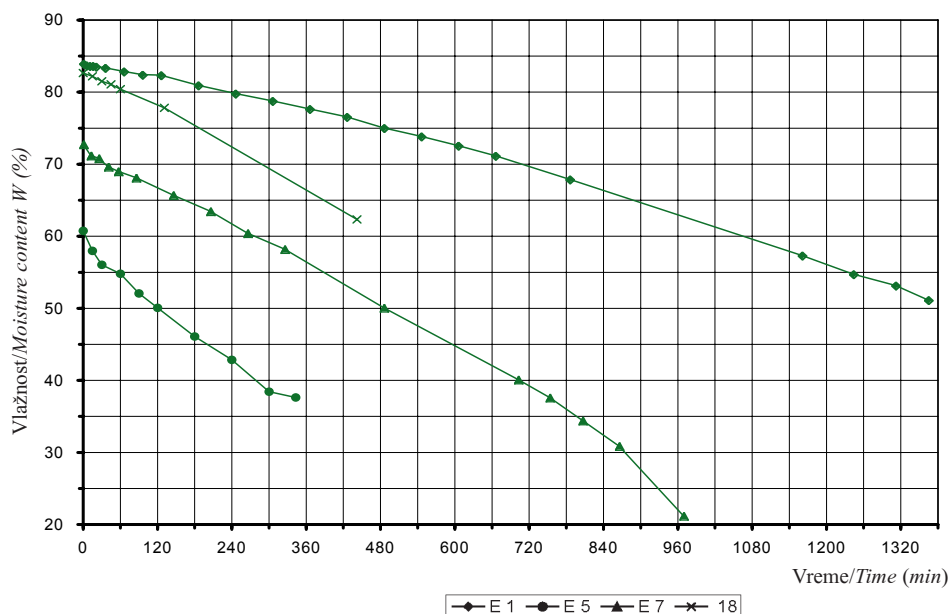
koji opisuje promenu vlažnosti polutki kajsija tokom osmotskog sušenja i koja važi za: temperaturu rastvora  $t = 45-55^{\circ}\text{C}$  i koncentraciju rastvora  $c = 0,70-0,85$  od maksimalne koncentracije za dati nivo temperature rastvora šećera i vode. Provera empirijskog izraza (3) je urađena za uslove eksperimenta 4 ( $t = 45^{\circ}\text{C}$ ,  $c = 85\%$ ) i prikazana je na grafiku 2.



Graf. 2. Empirijska regresiona kriva i izmerene vrednosti pri eksperimentu N° 4  
Graph 2. Empirical regression curve and measured values for the test N° 4

Na osnovu prikaza sa grafika 2 može se konstatovati da dobijena empirijska jednačina dobro pokriva eksperimentalnu krivu u drugom satu osmoze, dok u periodu od prvih 45 minuta predstavlja podcjenjene vrednosti.

Delimični rezultati konvektivnog sušenja pod kontrolisanim uslovima su takođe prezentovani. Izmerene vrednosti mase uzoraka u konvektivnoj sušari (Sl. 1) su poslužile za izračunavanje trenutnih vrednosti vlažnosti. Na taj način se došlo do kinetičkih krivih sušenja, a grafiku 3 su date neke od njih. Kriva E1 je kinetička kriva uzorka koji je pre konvektivnog sušenja pripremljen tako što je potapan u rastvor limunske kiseline, E5 i E7 su uzorci koji su sumporisani, a nakon toga osmotski sušeni. Kriva N<sup>o</sup>18 predstavlja promenu vlažnosti uzorka tokom osmotskog sušenja. Temperatura vazduha za sušenje je održavana na konstantnom nivou od 50°C (E1 i E7) i od 60°C (E5), a brzina kretanja vazduha je bila konstantna tokom svih eksperimenata. I ovde je očigledno da temperatura vazduha u konvektivnoj sušari ima uticaja na brzinu otpuštanja vlage iz uzorka (E5 i E7), ali je ovaj faktor limitiran kvalitetom finalnog proizvoda.



Graf. 3. Kriva osmotske dehidracije (18) i konvektivne kinetičke krive uzoraka sa predhodnom pripremom: E1 – tretiranje kiselinom, E5,E7 – sumporisanje i osmotsko sušenje

*Graph 3. Osmotic dehydration (18) and convective kinetic drying curves of samples with pretreatment: E1 – acidification; E5, E7 – sulphuring and osmotic dehydration*

Za vreme izlaganja uzoraka kajsije sumpor-dioksidu dešava se njegova apsorpcija u među ćelijski prostor unutar ploda. Osmotskom migracijom molekuli SO<sub>2</sub> prodiru kroz polu propustljive membrane ćelija. Tokom vremena sumpor-dioksid stupa u hemijske reakcije sa organskom građivnom materijom. Ova hemsorpcija objašnjava promenu strukture ćelijske membrane, koja se donekle razara, te su putevi za migraciju molekula vode dostupniji, a što se vidi tokom kasnijeg konvektivnog sušenja (E5 i E7).

Tokom osmotske dehidracije migracija vlage iz polutki kroz mikro i makro pore u okolinu je u tečnoj fazi (Babić et al., 2002; Stefanović i Urošević, 1995), te je posledica mala kontrakcija zapremine uzorka. Struktura ovih pora nije bitno narušena (na primer naglo sužavanje), jer nema prelaska vlage iz tečne i gasnu fazu. To je i glavni razlog zašto se tokom kasnijeg konvektivnog sušenja ostvaruje brzina sušenja koja je dva do tri puta veća u poređenju sa uzorkom koji je tretiran kiselinom.

## Zaključak

Set eksperimentalnih jedinica je obavljen u kontrolisanim laboratorijskim uslovima na opremi koja je za tu namenu projektovana i izrađena. Rezultati merenja su analizirani uobičajenim statističkim metodama, te se potvrdila uticajnost izabranih faktora, temperature i koncentracije rastvora pri osmotskom sušenju. Dobijena je empirijska regresiona kriva koja opisuje ponašanje polutki četiri sorti kajsija tokom osmotske dehidracije i koja važi za izabrane nivoe faktora. Rezultati merenja nove tehnologije koja je kombinacija osmotskog i konvektivnog sušenja su poslužili za dobijanje kinetičkih krivih. Ova baza podataka služi za projektovanje i izradu polu industrijskih i industrijskih centara za sušenje voća pri energetske racionalnim postupcima.

*Zahvalnica/sufinansiranje/finansiranje:*

Rezultati istraživačkog rada su nastali zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj, Republike Srbije projekta evidencionog broja BTN.4.3.0.0409.B pod nazivom „Proizvodnja sušene kajsije“ u okviru Nacionalnog programa „Biotehnologija i agroindustrija“, od 1. 04. 2002.

## Literatura

- Babić, Lj., Babić, M., Karadžić, B. (2002): Sušenje kajsije. Časopis PTEP, 6, 1-2: 1-4.
- Martinez-Monzo, J., Martinez-Navarrete, N., Chiralt, A., Fito, P. (1998): Osmotic dehydration of apple as affected by vacuum impregnation with HM Pectin. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS'98), Thessaloniki, Greece, pp. 836-843.
- Mavroudis, N., Wadso, L., Sjöholm, I. (1998): Shrinkage, microscopic studies and kinetics of apple fruit tissue during osmotic dehydration. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS'98), Thessaloniki, Greece, pp. 844-851.
- Reppa, A., Mandala, J., Kostaropoulos, E., Saravacos, D. (1998): Influence of solution temperature and concentration on the combined osmotic and air drying.

- Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS'98), Thessaloniki, Greece, pp. 860-867.
- Raoult-Wack, A.L., Guilbert, S., Le Maguer, M., Rios, G. (1991): Simultaneous water and solute transport in shrinking media - Part 1: Application to dewatering and impregnation soaking process analysis (Osmotic dehydration). *Drying Technologies*, 9, 3: 589-612.
- Stefanović, M., Urošević, M. (1995): Practical application on osmotic drying of agricultural products. *Agronomska saznanja*, 5, 1: 2-7.
- Taylor, S. (1995): *Drying foods in costal Florida*. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Primljeno: 30. 11. 2004.  
Prihvaćeno: 04. 03. 2005.



## APRICOT DRYING BY A NEW TECHNOLOGY

Ljiljana Babić, Mirko Babić, Ivan Pavkov

*The Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia  
E-mail: mbab@polj.ns.ac.yu*

### Summary

A new technology which includes osmotic dehydration combined with convective drying for the production of dried fruits is presented in the paper. Formation of the collection data on fruit behaviour during the osmotic drying was a primary objective. Partial results of the study on the osmotic dehydration of apricot halves are presented in the paper. Four apricot varieties were chosen for the observation: Ambrozia, Ananasnii, Novosadska Rodna and Kečkemetska Ruža. Temperature and concentration of the solution were the adopted influential factors onto the osmotic dehydration. The factors were tested on two levels – solution temperature (45°C and 55°C) and solution concentration (0.70% and 0.85%), latter being the values of the saturated solution for the chosen solution temperatures. Appropriate statistical methods were used for mathematical modeling of the results of the laboratory tests.

**Key words:** Apricot, osmotic drying.

Author's address:  
Prof. dr Ljiljana Babić  
Poljoprivredni fakultet  
Trg D. Obradovića 8  
21000 Novi Sad  
Srbija