

UDK: 634.7:711;664.8:047

Kratko saopštenje – Short communication

Kinetika sušenja malina u laboratorijskim uslovima

Dragana Paunović, Branislav Zlatković,
Miodrag Janković, Snežana Mašović

Poljoprivredni fakultet, Zemun – Beograd, Srbija
E-mail: banez@agrifaculty.bg.ac.yu

Sadržaj: Već dosta dugo Srbija je značajan proizvođač, prerađivač i izvoznik maline. Sa stanovišta primarne proizvodnje možda se može i pohvaliti, čak i ponositi dobrim uspesima. Ipak, sa stanovišta prerade nekako zaostajemo. Razlog je klasična „linija manjeg otpora“. Uvek se dovoljno dobro zarađivalo izvozom smrznute maline i niko nije ni pokušavao da istražuje nove proizvode i neke druge atraktivne upotrebne vrednosti od ovog voća. Naime, iako malina ima atraktivnu upotrebnu vrednost (time i značajnu potražnju), poznato je da ima veoma nepovoljna tehnološka svojstva.

Malina ima zbirnu cvast, a time i zbirni plod te je veoma osetljiva na mehanička oštećenja. Poznata je i po velikoj brzini tj. po visokoj toploti disanja, te stoga ima kratak period mogućeg čuvanja. Takva svojstva zahtevaju od proizvođača da veoma brzo reaguju sa konzervisanjem ili preradom. Najbrži obrt uloženog kapitala se može postići ako se od plodova dobiju poluproizvodi. Tada su ulaganja najmanja, a smanjen je i rizik po kvalitet.

Među polupreradenim proizvodima od maline, ali i ostalih vrsti voća, svakako su najpoželjniji zamrznuti ili osušeni plodovi. Nažalost, do sada se malo radilo na sušenju maline jer je ona veoma osetljiva kao sirovina i problemi pri sušenju su višestruki. Doduše, postoje i u domaćoj praksi pozitivni rezultati za sušenje smrzanjem tj. liofilizacijom.

U ovom radu je izučavana kinetika sušenja malina u laboratorijskoj sušari sa idejom da se uoči pri kojim sadržajima vlage dolazi do promene brzine isparavanja. Količina isparene vode je izražena u relativnim i apsolutnim jedinicama mere.

Ključne reči: Malina, sušenje, kinetika sušenja.

Uvod

Sušenje namirnica je jedan od najstarijih načina konzervisanja. Osim tradicije, ovaj metod pruža i niz pogodnosti. Pre svega mnogo je manja masa namirnica što je izuzetno važno pri angažovanju transporta. Zato je to i jedan od najznačajnijih poluproizvoda koji se izvozi.

Srbija je od davnih vremena bila značajni izvoznik sušenog voća (šljiva). Naravno, to je uslovalo i razvoj mašinogradnje tako da smo postigli značajne uslove u iz-

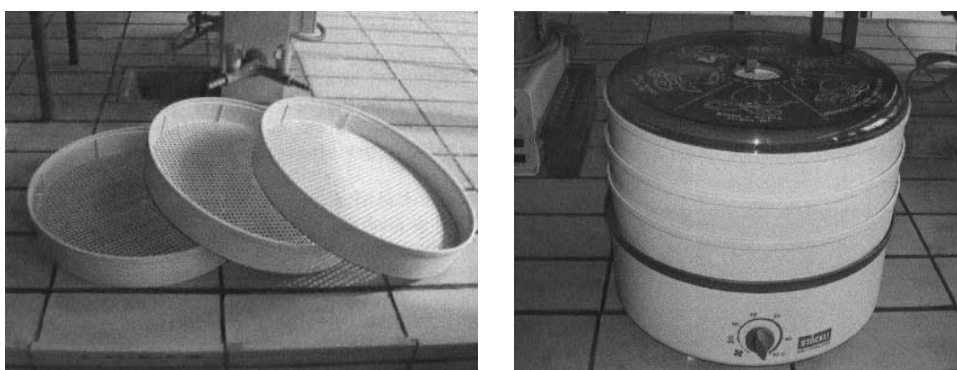
gradnji sušara za voće. Rađeno je dosta i na razvoju tehnologija, kako klasičnih tako i specifičnih – pre svega na postupcima osmotske dehidracije i liofilizacije. Nažalost, malina je i dalje mahom iz Srbije izlazila samo kao zamrznuta.

Da bi smo pomogli optimizaciju procesa sušenja malina potrebno je da prvo izvršimo modeliranje procesa isparavanja vode iz svežih plodova (Zlatković i Rajković, 2005; Zlatković i Vulić, 2004). Cilj ovog rada i jeste da se prvo u laboratorijskim uslovima utvrdi brzina gubitka vode iz plodova maline, ali ne samo u funkciji vremena (takva analiza može da ukazuje samo na rad sušare), već pre svega kako se menja brzina isparavanja vode u relativnim i apsolutnim jedinicama mere (u % i kg) zavisno od trenutne vlažnosti maline.

Materijal i metode

Eksperiment je zamišljen tako da se utvrdi brzina sušenja plodova maline izražena kao promena udela vlage u vlažnom materijalu i kao apsolutni iznos isparene vode tokom vremena. Cilj je bio da se utvrdi pri kojoj vlažnosti plodovi najbrže ili najsporije gube vlagu.

U tom smislu je odabrana masa probranih plodova postavljena na lese laboratorijske sušnice Stöckli (Sl. 1).



Sl. 1. Lese i laboratorijski dehidrator
Fig. 1. Mesh trays and lab. dehydrator

Dehidrator raspolaže sa sopstvenim termostatom koji kontroliše rad grejača od 600 W i održava zadatu temperaturu vazduha za sušenje. U našem slučaju je održavana temperatura od 70°C. Naravno, tokom vremena dolazi do smežuravanja plodova pa uslovi strujanja vazduha nisu isti. Zato je i sušenje prekinuto kada je vlažnost plodova bila iznad 30%, u stanju još uvek vlažnog materijala.

Na svakih 60 min uziman je uzorak plodova radi određivanja vlažnosti koja je određivana gravimetrijski pri čemu je merena:

- M_1 – masa praznog vegeglasa (posudica za merenje sa brušenim poklopcem);
- M_2 – masa vegeglasa sa vlažnim uzorkom;
- M_3 – masa vegeglasa sa uzorkom nakon sušenja u sušnici na 105°C do konstantne mase.

Sadržaj vlage je izražavan kao udeo vlage u vlažnim plodovima (d) i količina vlage u gramima koju vezuje 1 g suve mase ploda (u). Ove vrednosti su računane preko relacija:

$$d = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100 \quad i = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \quad \text{ili} \quad i = \frac{d}{100 - d}$$

d – udeo vlage u vlažnim plodovima (%)

u – količina vlage koju veže 1 g suve materije maline (g/g)

Rezultati i diskusija

Rezultati određivanja sadržaja vode u malinama tokom sušenja prikazani su u tabeli 1. Na osnovu ovih rezultata je dat grafik zavisnosti trenutne vlažnosti maline tokom sušenja (Graf. 1).

Tab. 1. Sadržaj vlage u plodovima maline tokom sušenja u laboratorijskoj sušari
Humidity content in raspberry fruits during drying in laboratory drayer

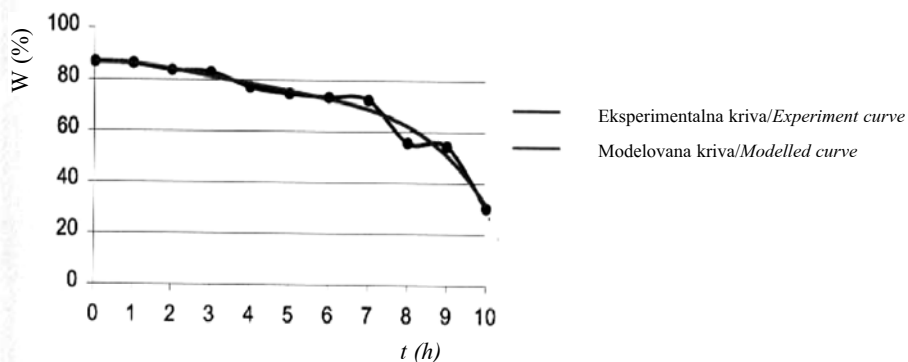
Vreme (h) <i>Time</i>	d (%)	u (g/g) <i>in</i> (g/g)
0	86,74	6,5366
1	86,11	6,1971
2	83,58	5,0867
3	82,73	4,7897
4	77,08	3,3635
5	74,63	2,9410
6	73,35	2,7511
7	72,42	2,6246
8	55,65	1,2548
9	54,33	1,1893
10	30,16	0,9812

Radi isključivanja očiglednih grešaka merenja i određivanja, izvršena je aproksimacija prikazane zavisnosti. Tako je umesto izlomljene dobijena jedna kriva linija. Statističkom obradom došlo se do sledeće korelacione zavisnosti:

$$Y = -0,0012 x^5 + 0,0052 x^4 + 0,1072 x^3 - 1,0035 x^2 + 0,1762 x + 86,762$$

sa koeficijentom regresije $R^2 = 0,9749$.

Interpolacijom sa tako dobijene krive određene su vrednosti sadržaje vlage u malini koji prate uočenu promenu (Tab. 2).



Graf. 1. Promena vlažnosti plodova tokom vremena sušenja
 Graph 1. Changes in fruit humidity during the drying period

Tab. 2. Sadržaj vode u plodovima maline tokom sušenja dobijen interpolacijom sa krive sušenja
 Water content in raspberry fruits during drying – results obtained by interpolation, from drying curve

Vreme (h) Time	d (%)	u (g/g) in (g/g)
0	86,74	6,5366
1	86,11	6,1971
2	83,58	5,0867
3	82,73	4,7897
4	77,08	3,3635
5	74,63	2,9410
6	73,35	2,7511
7	72,42	2,6246
8	55,65	1,2548
9	54,33	1,1893
10	30,16	0,4318

Na osnovu ovih vrednosti izračunavana je brzina sušenja kao smanjenje vlažnosti plodova tokom vremena ($\Delta d / \Delta t$) što je prikazano u tabeli 3.

Iz rezultata prikazanih u tabeli 3 je očigledno da u ispitivanom periodu sušenja (stanje vlažnog materijala – pre higroskopne vlažnosti) brzina stalno raste u relativnim merama. Dakle, bez obzira da li se kao nezavisno promenljiva veličina uzima vreme ili trenutna vlažnost, brzina gubitka vlage ($\Delta d / \Delta t$) stalno raste.

Tab. 3. Brzina isparavanja vode iz plodova maline
Speed of water evaporation from raspberry fruits

Vreme (h) <i>Time</i>	d (%)	$\Delta d/\Delta t$
0	86,76	–
1	85,43	1,32
2	83,58	1,85
3	81,28	2,30
4	78,37	2,91
5	75,45	2,92
6	72,25	3,20
7	68,91	3,34
8	61,81	7,10
9	50,45	11,36
10	30,37	20,08

Sa stanovišta ovog rada je bilo značajno da se utvrdi i stvarni gubitak vlage iz plodova. Obzirom da je sveža malina imala 13,24% ukupne suve materije, a sušena 69,63% to znači da je iz 100 kg plodova isparilo 80,98 kg vode:

$$W = 100 \left(1 - \frac{13,24}{69,63} \right) = 80,985 \text{ kg}$$

Kako je sušenje trajalo 10 sati, to znači da prosečni gubitak vlage iznosi oko 8,1 kg svakog sata sušenja.

Da bi smo izračunali raspodelu ove količine isparene vlage tokom vremena bilo je neophodno da se njen sadržaj izrazi u odnosu na suhu materiju jer se ova veličina ne menja tokom sušenja. U tabeli 4 su prikazani podaci za preračunate vrednosti vlažnosti izražene kao „u“ i promena vlage u kg tokom svakog sata sušenja uz početnu pretpostavku da se u sušari nalazi 100 kg voća tj. 13,26 kg suve materije i 86,74 kg vode.

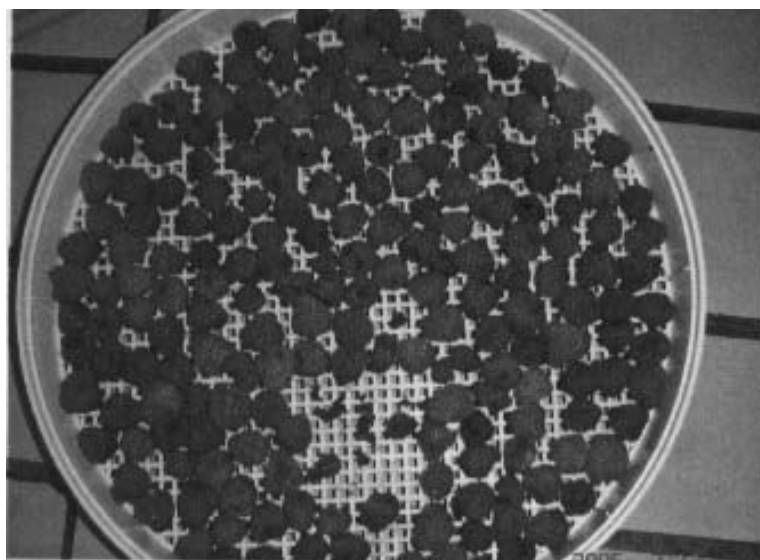
Tab. 4. Masa isparene vlage iz 100 kg malina tokom sušenja u laboratorijskim uslovima

Mass of evaporated humidity, from 100 kg of raspberries, in laboratory conditions

Vreme (h) Time	Vlažnost (g/g) Humidity	Isparena vlaga (kg) Evaporated humidity
0	6,5529	
1	5,8634	9,13
2	5,0901	10,24
3	4,3419	9,91
4	3,6232	9,51
5	3,0733	7,28
6	2,6036	6,22
7	2,2165	5,12
8	1,6185	7,92
9	1,0182	7,95
10	0,4362	7,70

Ovakav odnos dokazuje da se u šaržnim uslovima sušenja isparava gotovo ujednačene količine vlage. Ako se uzme u obzir da je prosečni gubitak vlage bio 8,1 kg po satu, očigledno je da prva četiri sata (do sadržaja suve materije od oko 25%) vođa brže isparava (preko 9 kg), a da kasnije ispari manja količina (oko 6 kg). U poslednjoj fazi isparava (sadržaj suve materije iznosi preko 40%) preko 7 kg vode na sat.

Pri ovakvoj kinetici sušenja kvalitet plodova je bio zadovoljavajući (Sl. 3).



Sl. 3. Lesa sa sušenim plodovima

Fig. 3. Mesh tray with dried fruits

Zaključak

Malina sušena u konvektivnim uslovima (sušarama) može da pruži zadovoljavajući kvalitet i da se čak očuva lepa boja. S druge strane, do sadržaja vlage od 30%, vlaga se sporije transportuje samo kod vlažnosti između 55–75%. Kod vlažnosti ispod 50%, ili iznad 70% gubitak vlage je relativno brz tako da se tu verovatno može primeniti i nešto viša temperatura sušenja, radi ubrzavanja procesa sušenja.

Ovakve indicije će svakako biti ponovo testirane i preciznije modelirane radi pravilnije optimizacije uslova sušenja malina u konvektivnim sušarama.

Literatura

- Zlatković, B.P., Rajković, M.B. (2005): Analysis of drying potato kinetics in laboratory conditions. *Journal of agricultural sciences*, pp. 161–173.
- Zlatković, B., Vulić, T. (2004): From a smokehouse to a vacuum dehydrator. *Journal of agricultural sciences*, pp. 131–139.

Primljeno: 18. 04. 2006.
Prihvaćeno: 06. 09. 2006.

THE KINETICS OF THE RASPBERRY DRYING IN LABORATORY CONDITIONS

Dragana Paunović, Branislav Zlatković,
Miodrag Janković, Snežana Mašović

Faculty of Agriculture, Zemun – Belgrade, Serbia
E-mail: banez@agrifaculty.bg.ac.yu

Summary

For a long time Serbia has been an important producer, processor and exporter of the raspberry. From the point of view of primary production, we could be proud of our success. However, on the question of processing, we are somehow behind. The reason is the typical „line of least resistance“. We have always earned enough by exporting frozen raspberry and no one has even tried to explore new products or other attractive useful values of this fruit. Namely, although the raspberry has attractive useful values (which brings high demand), it is known that it has some inviolable chemical engineering characteristics.

The raspberry, due to its consistency, is very susceptible to mechanical damage. It is also known for its high breathing warmth, and therefore it can only be preserved for a short time. These characteristics impose upon the producers the necessity to quickly proceed with the conservation and processing. The best way to achieve the turnover of capital is by not processing it completely. When the raspberry is half-processed, investments are smaller and so are risks for the deterioration of the quality of the product.

Among products not completely processed, made from raspberries and other types of fruits, the most convenient are certainly frozen or dried fruits. Unfortunately, up to now, little has been done on the drying process of the raspberry because the fruit is very perishable as a raw material and also various problems occur during the drying process. Positive results have, however, been achieved locally in the process of drying by freezing, i.e. lyophilizing.

The subject of this paper is the kinetics of drying raspberry in laboratory conditions with the idea of pinpointing at which level of humidity there is a change in the speed of evaporation. The quantity of evaporated water is expressed in relative and absolute units of measure.

Key words: Raspberry, drying process, the kinetics of the drying process.

Author's address:
Dragana Paunović, dipl. tehn.
Poljoprivredni fakultet
Nemanjina 6
11080 Zemun
Srbija