

PRENOS MASE TOKOM OSMOTSKE DEHIDRATACIJE JABUKE I MRKVE U MELASI ŠEĆERNE REPE

MASS TRANSFER DURING OSMOTIC DEHYDRATION OF APPLE AND CARROT IN SUGAR BEET MOLASSES

Nevena MIŠLJENOVIC*, dipl. ing, Gordana KOPRIVICA*, dipl. ing, dr Ljubinko LEVIĆ*,
dr Mariana PETKOVA**, dr Tatjana KULJANIN*

* Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Srbija, Bulevar Cara Lazara 1,

** Institute of Animal Science, 2232 Kostinbrod, Bulgaria

e-mail: nevenam@uns.ns.ac.yu

REZIME

Za ispitivanje prenosa mase tokom osmotske dehidracije korišćeni su uzorci jabuke i mrkve. Proces osmotske dehidracije je izvođen na konstantnoj temperaturi osmotskog rastvora od 55 °C i atmosferskom pritisku. Kao osmotski medijum korišćena je melasa šećerene repe. Tokom eksperimenta menjana je koncentracija melase šećerne repe od 40-80% i praćene su promene najvažnijih kinetičkih parametara osmotske dehidracije. Najbolji rezultati su postignuti kad je kao osmotski rastvor korišćena 80 % melasa šećerne repe.

Praćenjem brzine prenosa mase uočeno je da su promene kinetičkih parametara najintenzivnije na početku procesa, a nakon 3 sata dehidracije proces ima tendenciju stabilizacije.

Cljučne reči: osmotska dehidracija, prenos mase, jabuka, mrkva.

SUMMARY

Samples of apple and carrot were used to study the mass transfer during the osmotic dehydration. Osmotic dehydration process was conducted at the constant temperature of 55 °C and atmospheric pressure. Sugar beet molasses was used as an osmotic medium. During the experiment, the concentration of sugar beet molasses was changed from 40-80% and the most important kinetic parameters of the osmotic dehydration process were observed. The best results were noticed when the sugar beet molasse of 80% was used as an osmotic medium.

By observing the rate of the mass transfer it was achieved that the changes in kinetic parameters were most intensive in the beginning of the process, but after 3 hours the dehydration process has a tendency of stabilization.

Keywords: osmotic dehydration, mass transfer, apple, carrot.

UVOD

Osmotska dehidracija je proces delimičnog uklanjanja vode iz voća i povrća bez promene faza i pri tome su fizičke, hemijske i biološke promene svedene na minimum (za razliku od konvektivnog sušenja). Kompleksna struktura ćelijskog zida, koja ima ulogu polupropustljive membrane, a nije potpuno selektivna, omogućava odvijanje dva, protivstrujna, toka prenosa mase u procesu: difuziju vode iz hrane u osmotski rastvor i difuziju rastvorka iz osmotskog rastvora u hranu /7, 12, 13/.

Brzina i stepen dehidracije kao i hemijske promene u materijalu zavise od upotrebljenog osmotskog rastvora, vrste i veličine sirovog materijala koji se dehidrira, kao i od odnosa materijal/osmotski rastvor, temperature, vremena dehidracije i upotrebljene aparature. Brzina dehidracije je najveća na početku procesa osmotske dehidracije zbog najveće razlike osmotskih pritisaka u rastvoru i materijalu koji se dehidrira kao i zbog malog otpora prenosu mase /13/.

Izbor optimalnog hipertoničnog rastvora je jedan od ključnih problema u procesu osmotske dehidracije. Kao najbolje rešenje za pripremu hipertoničnih rastvora pokazala se saharoza, sama ili u kombinaciji sa drugim šećerima i natrijum-hloridom /4, 10/. Dodatak malih količina natrijum hlorida izaziva bolji efekat dehidracije, a pri tome ne dovodi do povećanja priraštaja suve materije /5/. Pored saharoze kao pogodna sirovina za pripremu hipertoničnih rastvora može se koristiti i melasa šećerne repe. Melasa šećerne repe je tamnomrki, gusti sirup, sporedni proizvod u procesu proizvodnje šećera. Melasa predstavlja poslednji sirup iz kojeg više nije moguće dobiti kristalni šećer uobičajenim postupcima kristalizacije. Melasa ima visok sadržaj suve materije

(oko 80%) i sadrži u proseku 51 % saharoze, 1 % rafinoze, 0.25 % glukoze i fruktoze, 5 % belančevina, 6% betaina, 1,5 % nukleozida, purinskih i pirimidinskih baza, organske kiseline i baze /15/. Melasa šećerne repe još nije dobila svoje mesto u proizvodnji hrane, ali se u okviru naučnih istraživanja radi na njenom uvođenju u proizvodnju pekarskih, konditorskih i mesnih preradevina /2, 3/. Melasa šećerne repe je jeftina sirovina koja je dostupna u velikim količinama i nameće se kao zamena za saharozu.

Osnovne mogućnosti primene ovog procesa su u proizvodnji hrane koja se može direktno koristiti u ishrani /14/ i kao predtretman u procesu konvektivnog sušenja /9/.

Cilj ovog rada je da ispita uticaj koncentracije melase šećerne repe i vremena dehidracije na prenos mase tokom osmotske dehidracije jabuke i mrkve.

MATERIJAL I METOD

Za eksperiment su korišćene mrkva i jabuka nabavljene na lokalnoj tržnici. Pre upotrebe mrkva i jabuke su čuvani na temperaturi od 4°C, a zatim su temeljo oprane i sečene u cilindrične oblike visine 20 mm i prečnika 20 mm ostrim cilindričnim noževima.

Kao osmotski rastvori korišćeni su čista melasa šećerne repe (80% suve materije) i razređena melasa šećerne repe (40% i 60% suve materije). Za razređivanje je korišćena destilovana voda. Melasa šećerne repe je nabavljena iz fabrike šećera Bač.

Osmotska dehidracija je obavljena na atmosferskom pritisku i temperaturi rastvora 55°C. Uzorci jabuke i mrkve su potopljeni u osmotski rastvor u čašama od 600 ml.

Odnos mase uzoraka prema masi hipertoničnih rastvora bio je 1:4. Čaše sa uzorcima su postavljane u termostats na temperaturi od 55°C. Nakon osmotske dehidracije uzorci su ispirani pod mlazom vode i brisani upijajućim papirom da bi se uklonio višak vode zaostao nakon pranja. Zatim je uzorcima izmerena masa. Vreme trajanja osmotske dehidracije je bilo 1, 3 i 5 sati.

Uzorci su sušeni na temperaturi 105 °C, 24 h do postizanja konstantne mase, u sušnicama Instrumentaria, Sutjeska.

Sve analize urađene su po metodama AOAC /1/.

Model prenosa mase

Za opis prenosa mase tokom osmotske dehidracije najčešće se koristi Fik-ova aproksimacija, gde je pogonska sila dehidracije gradijent koncentracije. Tokom procesa prate se vrednosti sadržaja vode, promena u masi i promena u sadržaju suve materije. Iz tih vrednosti se izračunavaju sledeći parametri: gubitak vode-jednačina (1), smanjenje mase- jednačina(2), prirast suve materije-jednačina (3) /8/:

$$WR \left[\frac{g}{g} \right] = \frac{w_o - w}{w_o}, \quad (1)$$

$$SG \left[\frac{g}{g} \right] = \frac{u - u_o}{w_o}, \quad (2)$$

$$WL \left[\frac{g}{g} \right] = WR + SG \quad (3)$$

gde su: w_o – početna masa uzorka (g), w – masa uzorka nakon osmotske dehidracije (g), u_o – masa suve materije u svežem uzorku (g), u – masa suve materije u uzorku nakon osmotske dehidracije (g).

Na osnovu gore navedenih parametara izračunava se brzina smanjenja mase-jednačina (4), brzina priraštaja suve materije-jednačina (5) i brzina gubitka vode-jednačina (6) tokom procesa osmotske dehidracije:

$$RWR \left[\frac{g}{g \cdot \min} \right] = \frac{WR}{t}, \quad (4)$$

$$RSG \left[\frac{g}{g \cdot \min} \right] = \frac{SG}{t}, \quad (5)$$

$$RWL \left[\frac{g}{g \cdot \min} \right] = \frac{WL}{t} \quad (6)$$

gde je: t – vreme trajanja procesa osmotske dehidracije

REZULTATI I DISKUSIJA

Kinetika osmotske dehidracije

U tabelama 1 i 2 su prikazane promene kinetičkih parametara tokom osmotske dehidracije jabuke i mrkve u zavisnosti od koncentracije melase šećerne repe i vremena trajanja osmotske dehidracije.

U toku procesa osmotske dehidracije masa uzoraka se smanjuje. Smanjenje mase (WR) raste sa vremenom i sa povećanjem koncentracije melase. Mrkva dehidrirana u 80 % melasi šećerne repe pokazuje najveći gubitak mase koji iznosi oko 54 % od početne mase uzorka.

Vrednost parametra SG ukazuje na stepen prodiranja rastvora iz osmotskog rastvora u uzorke mrkve i jabuke. Priraštaj suve materije tokom osmotske dehidracije pokazuje tendenciju povećanja sa vremenom, dok se sa povećanjem koncentracije osmotskog rastvora priraštaj suve materije smanjuje. Svi uzorci mrkve pokazuju veće vrednosti priraštaja suve materije u poređenju sa uzorcima jabuke.

Tabela 1. Kinetički parametri tokom osmotske dehidracije jabuke u melasi šećerne repe

Table 1. Kinetic parameters during osmotic dehydration of apple in sugar beet molasses

Koncentracija melase, % s.m. Concentration of molasses, % d.m.	Vreme, h Time, h	WR, g/g početnog uzorka WR, g/g initial sample weight	SG, g/g početnog uzorka SG, g/g initial sample weight	WL, g/g početnog uzorka WL, g/g initial sample weight
40 %	1	0,154774	0,022161	0,176935
	3	0,224826	0,029511	0,254337
	5	0,321553	0,044102	0,365655
60 %	1	0,177598	0,015388	0,192987
	3	0,326895	0,024715	0,35161
	5	0,42298	0,029052	0,452032
80 %	1	0,248509	0,011825	0,260338
	3	0,375062	0,020355	0,395402
	5	0,526342	0,026242	0,552584

Tabela 2. Kinetički parametri tokom osmotske dehidracije mrkve u melasi šećerne repe

Table 2. Kinetic parameters during osmotic dehydration of carrot in sugar beet molasses

Koncentracija melase, % s.m. Concentration of molasses, % d.m.	Vreme, h Time, h	WR, g/g početnog uzorka WR, g/g initial sample weight	SG, g/g početnog uzorka SG, g/g initial sample weight	WL, g/g početnog uzorka WL, g/g initial sample weight
40 %	1	0,230847	0,038864	0,26971
	3	0,283114	0,052679	0,335794
	5	0,329341	0,072655	0,401996
60 %	1	0,266302	0,035789	0,302091
	3	0,374811	0,051033	0,425844
	5	0,422201	0,062918	0,485119
80 %	1	0,314778	0,027931	0,342709
	3	0,483984	0,038889	0,522873
	5	0,538842	0,061207	0,600049

Gubitak vode (WL) tokom osmotske dehidracije je određen kao zbir smanjenja mase (WR) i priraštaja suve materije (SG). Gubitak vode je izražen kao masa vode u odnosu na početnu masu uzorka. Kod svih uzoraka gubitak vode raste sa povećanjem vremena trajanja dehidracije. Veće koncentracije melase šećerne repe izazivaju veći gubitak vode u uzorcima.

Brzina prenosa mase tokom osmotske dehidracije

U tabelama 3 i 4 su prikazane brzine prenosa mase tokom procesa osmotske dehidracije u zavisnosti od vremena i koncentracije melase šećerne repe. Rezultati pokazuju da je osmotska dehidracija najintenzivnija na početku procesa. Brzina smanjenja mase je najveća u prvom satu, a nakon 3 sata proces ima tendenciju stabilizacije. Brzina smanjenja mase je veća kada se kao osmotski rastvor koristi 80 % melasa. Smanjenje mase je brže kod uzoraka mrkve.

Tabela 3. Brzine prnosa mase tokom osmotske dehidracije jabuke u melasi šećerne repe

Table 3. Rate of mass transfer during osmotic dehydration of apple in sugar beet molasses

Koncentracija melase, % s.m. Concentration of molasses, % d.m.	Vreme, h Time, h	Brzina smanjenja mase uzorka, g / (g p.u. · min) Rate of weight reduction, g/(g i.s.w. · min)	Brzina priraštaja suve materije, g/(g p.u. · min) Rate of solids gain, g/(g i.s.w. · min)	Brzina gubitka vode, g/(g p.u. · min) Rate of water loss, g/(g i.s.w. · min)
40 %	1	0,00258	0,000369	0,002949
	3	0,001249	0,000164	0,001413
	5	0,001072	0,000147	0,001219
60%	1	0,00296	0,000256	0,003216
	3	0,001816	0,000137	0,001953
	5	0,00141	$9,68 \cdot 10^{-5}$	0,00150677
80%	1	0,004142	0,000197	0,004339
	3	0,002084	0,000113	0,002197
	5	0,001754	$8,75 \cdot 10^{-5}$	0,001842

Tabela 4. Brzina prenosa mase tokom osmotske dehidracije mrkve u melasi šećerne repe

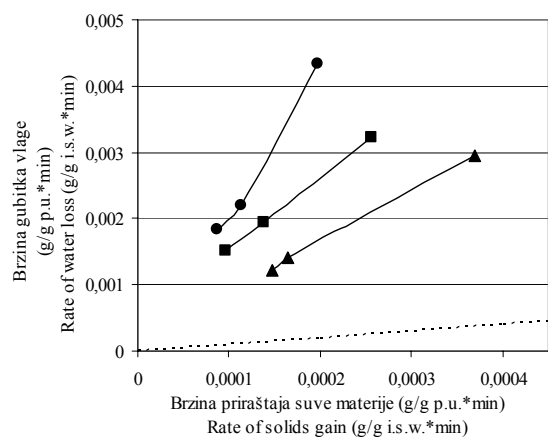
Table 4. Rate of mass transfer during osmotic dehydration of carrot in sugar beet molasses

Koncentracija melase, % s.m. Concentration of molasses, % d.m.	Vreme, h Time, h	Brzina smanjenja mase uzorka, g/(g p.u. · min) Rate of weight reduction, g/(g i.s.w. · min)	Brzina priraštaja suve materije, g/(g p.u. · min) Rate of solids gain, g/(g i.s.w. · min)	Brzina gubitka vode, g/(g p.u. · min) Rate of water loss, g/(g i.s.w. · min)
40 %	1	0,00258	0,000369	0,002949
	3	0,001249	0,000164	0,001413
	5	0,001072	0,000147	0,001219
60 %	1	0,00296	0,000256	0,003216
	3	0,001816	0,000137	0,001953
	5	0,00141	$9,68 \cdot 10^{-5}$	0,001506774
80 %	1	0,004142	0,000197	0,004339
	3	0,002084	0,000113	0,002197
	5	0,001754	$8,75 \cdot 10^{-5}$	0,001842

Brzina priraštaja suve materije je najveća u prva 3 sata osmotske dehidracije nezavisno od vrste uzorka i koncentracije melase, što ukazuje da je prodiranje rastvorka iz osmotskog rastvora u uzorak najintenzivnije na početku procesa.

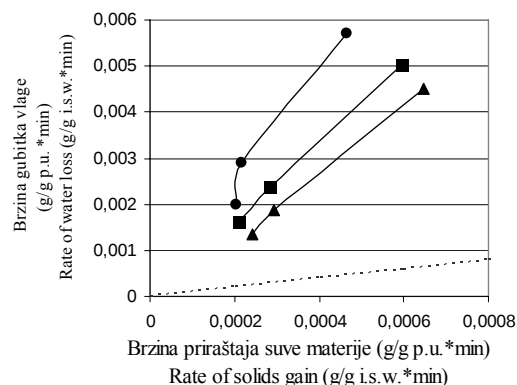
Gubitak vode je ubrzan na početku procesa osmotske dehidracije. Uzrok ove pojave je veća pogonska sila pri procesu osmotske dehidracije tj. veća razlika osmotskih pritisaka između okolnog hipertoničnog rastvora i unutar biljnog tkiva [13].

Cilj osmotske dehidracije je uklanjanje vode iz biljnog tkiva i u isto vreme minimiziranje prodiranja materija iz osmotskog rastvora u biljno tkivo. Brzina povećanja suve materije je direktno zavisna od koncentracije osmotskog rastvora i obrnuto proporcionalna od veličine molekula šećera [6, 11]. Rezultati ovog rada ukazuju da je gubitak vode iz uzoraka brži od brzine prodiranja rastvorka u uzorke (Slika 1 i 2) bez obzira na vrstu biljnog tkiva. Pri dehidraciji jabuke u 80 % melasi gubitak vode je za oko 20 puta brži od priraštaja suve materije.



Slika 1. Brzina gubitka vode u poređenju sa brzinom priraštaja suve materije tokom procesa osmotske dehidracije jabuke u melasi šećerne repe (● - 80% melasa šećerne repe; ■ - 60 % m. š. r.; ▲ - 40% m.š.r.)

Figure 1. Rate of water loss in comparison with rate of solids gain during osmotic dehydration of apple in sugar beet molasses (● - 80% sugar beet molasses; ■ - 60 % s. b. m.; ▲ - 40% s. b. m.)



Slika 2. Brzina gubitka vode u poređenju sa brzinom priraštaja suve materije tokom procesa osmotske dehidracije mrkve u melasi šećerne repe (● - 80% melasa šećerne repe; ■ - 60 % m. š. r.; ▲ - 40% m.š.r.)

Figure 2. Rate of water loss in comparison with rate of solids gain during osmotic dehydration of carrot in sugar beet molasses (● - 80% sugar beet molasses; ■ - 60 % s. b. m.; ▲ - 40% s. b. m.)

ZAKLJUČAK

U radu je ispitan osmotski tretman jabuke i mrkve u melasi šećerne repe i kinetika procesa dehidracije. Pri svim eksperimentima veća koncentracija melase dala je veći gubitak vlage i veće smanjenje mase uzoraka, odnosno, povećanje sadržaja suve materije u tretiranim uzorcima. Proces osmotske dehidracije je najintenzivniji u prvom satu. Posle 3 h dehidracije proces pokazuje tendenciju stabilizacije. Gubitak vode i redukcija mase su veći nakon 5h dehidracije u odnosu na dehidraciju u kraćem vremenskom periodu. Tokom osmotske dehidracije jabuke i mrkve na 55 °C gubitak vode, zavisno od primenjene koncentracije melase šećerne repe, je od 6-22 puta brži od priraštaja suve materije, što je vrlo poželjno kako bi se izbegao efekat kandiranja voća i povrća.

NAPOMENA: Istraživanje je finansirano od strane Ministarstva nauke Republike Srbije, projekat broj: TR-20112

LITERATURA

- [1] AOAC, Official Methods of Analysis (2000.), Washington, USA
- [2] Filipčev Bojana, Lević, Lj., Pribiš Vjera, Kabić Dragica: Melasa šećerne repe kao pogodan hipertonični rastvor za osmotski predtretman jabuke, XIII Savetovanje o biotehnologiji, Čačak, Zbornik radova, vol.13 (2008), 323-331.
- [3] Filipčev Bojana, Lević, Lj., Šimurina Olivera, Kuljanin Tatjana: Priprema voća postupkom osmotske dehidracije u melasi šećerne repe sa ciljem njegove primene u pekarskoj industriji, PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, 10 (2006) 154-157.
- [4] Filipović Nada., Pribiš Vjera, Lević, LJ., Simović Šoronja Dragana, Filipčev Bojana: Karakteristike hleba sa jabukom osmotski dehidriranom u melasi šećerne repe, PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, 11 (2007) 3, 120-123.
- [5] Jokić, A., Gyura Julianna, Lević, Lj. and Zavargo, Z.: Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. Journal of Food Engineering, 78 (2007) 47-51.
- [6] Kowalska, Hanna, Lenart, A.: Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. Journal of Food Engineering, 49 (2001), 137-140.
- [7] Kowalska Hanna, Lenart, A.: Mass transfer during osmotic dehydration of plant tissue. In Proceedings of the IX seminar, properties of water in food (pp. 131-142). SGW: Warsaw, 1998.
- [8] Le Marguer, M.: Osmotic dehydration: review and future directions. Proceedings of the symposium in food preservation process, Brussels: CERFCI (1988) Vol 1, pp. 283-309.
- [9] Lenart, A.: Osmo-convective drying of fruits and vegetables technology and application. Drying Technology, 14(1996), 2-10.
- [10] Lević, LJ., Filipović, V., Kuljanin Tatjana: Osmotski tretman oblikovanog korena mrkve u saharozi i melasi, PTEP, 11 (2007) 3, 132-135.
- [11] Moreira, R., Sereno, M. A.: Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions. Journal of Food Engineering, 57 (2003), 25-31.
- [12] Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S.: Mass transfer during osmotic dehydration of carrot: comparison of different methods for estimation of effective diffusivities. In R. Jowitt (Ed), Engineering and food (Part 2) (G73-G76). London: Sheffield Academic Press, 1997.
- [13] Salvatori, D., Andres, A., Chiralt, A., & Fito, P.: Concentration profiles in apple tissue during osmotic dehydration. In R. Jowitt (Ed.), Engineering and food (Part 2) (G73-G76). London: Sheffield Academic Press, 1997.
- [14] Smith, P. G., Morris, A. E. J., Petrotos, K. B.: Direct osmotic concentration of tomato juice. In R. Jowitt (Ed.), Engineering and food (Part 2) (L1-L4). London: Sheffield Academic Press, 1997.
- [15] Šušić S., Sinobad V.: Istraživanja u cilju unapređenja industrije šećera Jugoslavije. Hem. Ind. 43 (Suppl. 1-2), (1989) 10 -21. University in Belgrade

Primljeno: 25.10.2008.

Prihvaćeno: 28.10.2008.