

KINETIKA KONVEKTIVNOG SUŠENJA DEKOLORISANIH PREHRAMBENIH VLAKANA ŠEĆERNE REPE

DRYING KINETICS OF DECOLORIZED DIETARY FIBERS FROM SUGAR BEET

Aleksandar JOKIĆ dipl.ing, dr Julianna GYURA, dr Ljubinko LEVIĆ, dr Zoltan ZAVARGO
Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara, 1

REZIME

U proizvodnji prehrambenih vlakana iz šećerne repe veoma je bitan postupak sušenja koji znatno utiče ne kvalitet proizvedenih vlakana. Kao izvor prehrambenih vlakana koriste se sveži ekstrahovani rezanci, a moguće je koristiti i rezance dekolorisane vodonik peroksidom. Modeli sušenja u tankom sloju omogućavaju određivanje kinetike i mehanizma sušenja. U ovom radu ispitano je deset modela sušenja u tankom sloju koji se najčešće koriste. Utvrđeno je da eksperimentalne rezultate najbolje aproksimira model Midilli i sar. Sušenje prehrambenih vlakana šećerne repe odvija se u oblasti opadajuće brzine sušenja što je karakteristika većine poljoprivrednih proizvoda koji se suše u struji toplog vazduha.

Ključne reci: Šećerna repa, prehrambena vlakna, sušenje.

SUMMARY

Drying is the most important step in process of making dietary fibers from sugar beet pulp. As source of dietary fibers beside fresh sugar beet pulp it is possible to use pulp decolorized with hydrogen peroxide. Thin layer drying models are the way for finding drying kinetics and mechanism of drying. In this study ten thin layer drying models commonly adopted in literature were used to fit experimental results. It was found that the best approximation of experimental results gives Midilli et al. model. Most of the drying of dietary fibers from sugar beet pulp took place in the falling rate period, which is in good correlation with literature data for drying of biological products in hot air.

Key words: Shugar beet, Dietary fibers, Drying.

UVOD

Poslednjih godina povećana je potražnja namernica sa većim sadržajem prehrambenih vlakana, koja imaju povoljan fiziološki efekat na ljudski organizam, a mogu se koristiti za izradu raznovrsnih prehrambenih proizvoda [9, 10]. Ekstrahovani rezanci šećerne repe izuzetno su atraktivni kao izvor prehrambenih vlakana, a dobijaju se u tehnološkom procesu prerade šećerne repe kao vlaknasti ostatak korena repe nakon procesa ekstrakcije saharoze toplom vodom iz slatkih rezanaca šećerne repe pri proizvodnji konzumnog šećera [11].

Ekstrahovani rezanci su po svojoj strukturi složena koloidno-kapilarna tela, sastavljena pretežno od polimera: celuloze, hemiceluloze i pektina, koji predstavljaju osnovne komponente ćelijskih zidova šećerne repe, a sastav im je uslovljen pre svega kvalitetom, sortom i uslovima gajenja šećerne repe [2]. Sadržaj suve materije rezanaca posle ekstrakcije je oko 8-11%. U cilju smanjenja sadržaja vlage ekstrahovani rezanci se dalje presuju do oko 30% suve materije, što zavisi od kapaciteta samih presa, potom se radi dužeg čuvanja suše do sadržaja suve materije 87-96% [11, 2]. Danas postoji nekoliko patentiranih postupaka proizvodnje ovih prehrambenih vlakana, a komercijalni nazivi nekih koncentrata prehrambenih vlakana na bazi šećerne repe su npr.: DuoFiber iz American Crystal Sugar Company, Fibrex iz Fibrex S.A., Danisco Sugar AB i Atlantis iz British Sugar [4, 13, 1].

Iako su izvršena brojna ispitivanja uticaja parametara sušenja na karakteristike suvih ekstrahovanih rezanaca (rehidraciju, boju, ukus idr.), u literaturi nije moguće pronaći informacije o kinetici sušenja ekstrahovanih rezanaca šećerne repe u struji toplog vazduha [14]. Za izvođenje efikasnog procesa sušenja ekstrahovanih rezanaca šećerne repe potrebno je poznavanje mehanizma uklanjanja vlage tokom sušenja, a modelovani izrazi mogu biti veoma korisni za projektovanje i optimizaciju sušnica

[15, 8]. Teorijske simulacije procesa sušenja zahtevaju značajno vreme proračuna usled kompleksnosti jednačina koje opisuju procese difuzije koji upravljaju procesom sušenja [8]. Zbog heterogene prirode poljoprivrednih proizvoda većina podataka o njihovom sušenju odnosi se na sušenje u tankom sloju [3, 14].

MATERIJAL I METOD

Za eksperimente su korišteni ekstrahovani rezanci poreklom iz fabrike šećera "Bačka" – Vrbas. Ispitivana je promena sadržaja vlage presovanih i dekolorisanih prehrambenih vlakana tokom konvektivnog sušenja u tankom sloju, toplim vazduhom relativne vlažnosti 10%, na temperaturama 65°C, 85°C i 105°C.

Dekolorisana vlakna dobijena su tretiranjem presovanih vlakana vodonik peroksidom u alkalnoj sredini (24 h), nakon čega su vlakna neutralisana, isprana i proceđena u pamučnoj tkanini, a zatim presovana na laboratorijskoj presi kako bi se mehaničkim putem otklonila što veća količina vode. Brzina strujanja toplog vazduha iznosila je 1 m/s, a njen uticaj nije ispitivan jer je u ranijim istraživanjima zaključeno da brzina strujanja vazduha ne utiče bitno na promenu brzine sušenja ekstrahovanih rezanaca šećerne repe [12].

Početna vlažnost dekolorisanih odnosno presovanih prehrambenih vlakana iznosila je 90% odnosno 70%, respektivno. Masa uzorka iznosila je 25 g, a uzorak je smeštan u kružne posude prečnika 90 mm, dok je visina sloja iznosila 10 mm. Promena mase uzoraka merena je u intervalu od 15 minuta na tehničkoj vagi (tačnost ±0,01 g) do postizanja konstantne mase. Sadržaj vlage (g vode/ g sm) početnih uzoraka kao i uzoraka koji su dobijeni tokom eksperimentalnog postupka određivan je sušenjem na 105°C u trajanju od 3 časa.

Dobijeni eksperimentalni podaci obrađeni su proverom modela konvektivnog sušenja koji se najčešće sreću u literaturi,

tabela 1. Statistička obrada dobijenih rezultata urađena je u programskom paketu *ORIGIN 6.1*. Poređenje modela izvršeno je na osnovu vrednosti koeficijenta determinacije, R^2 [3, 14].

Pri analiziranju podataka o sušenju u tankom sloju istraživači obično porede više modela i odabiraju onaj koji najbolje opisuje njihove eksperimentalne rezultate. Prva takva jednačina je predložena na osnovu Njutnovog zakona hlađenja [7]:

$$\frac{dM}{dt} = -k(M - M_e) \quad (1)$$

odnosno nakon integracije:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt) \quad (2)$$

gde su: MR - odnos sadržaja vlage, M_t - sadržaj vlage u trenutku t (g vode/ g sm), M_0 - početni sadržaj vlage (g vode/ g sm), M_e - ravnotežni sadržaj vlage (g vode/ g sm), k - konstanta brzine sušenja i t - vreme (min).

Izraz za izračunavanje odnosa sadržaja vlage može se pojednostaviti ako se usvoji da je $M_e=0$, a ova pretpostavka je opravdana ako se radi o proizvodima kod kojih je polazni sadržaj vlage mnogo veći od početnog kao što je slučaj sa ekstrahovanim rezancima šećerne repe. Na taj način definisani odnos sadržaja vlage predstavlja, ustvari normalizovan sadržaj vlage [5, 17].

Jednačine koje opisuju kinetiku sušenja najvećeg broja poljoprivrednih proizvoda u tankom sloju kao i literaturni navodi u kojim ih je moguće pronaći navedeni su u tabeli 1. Ovo su empirijske i poluempirijske jednačine, a odlikuju se jednostavnošću uz istovremeno zadovoljavajuću aproksimaciju eksperimentalnih rezultata [6].

Cilj ovog rada je ispitivanje kinetike konvektivnog sušenja ekstrahovanih rezanaca šećerne repe u tankom sloju kako bi pronašli model koji najbolje opisuje promenu sadržaja vlage rezanaca tokom procesa sušenja.

Tabela 1. Pregled korištenih modela sušenja

Table 1. Thin layer models fitted to experimental data

Broj modela	Jednačina modela Ime jednačine
1	$MR = \exp(-kt)$ Lewis
2	$MR = \exp(-kt^n)$ Page
3	$MR = \exp(-(kt)^n)$ Modifikovana jednačina Page-a
4	$MR = a \exp(-kt)$ Henderson i Pabis
5	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$ Modifikovana jednačina Hendersona i Pabisa
6	$MR = a \exp(-kt) + c$ Logaritamska
7	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$ Difuziona
8	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-k2t)$ Two term
9	$MR = 1 + at + bt^2$ Wang i Singh
10	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$ Midilli i sar.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2. prikazani su rezultati fitovanja eksperimentalnih podataka za deset izabranih modela sušenja u tankom sloju na 85°C.

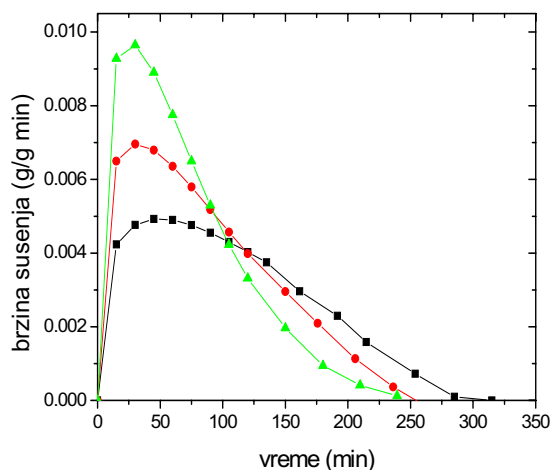
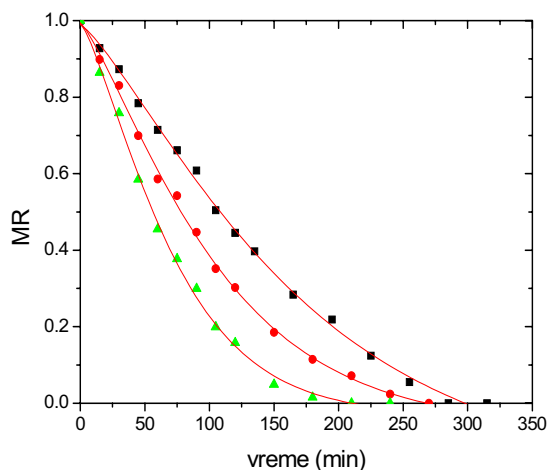
Najbolje aproksimacije eksperimentalnih rezultate dobijene su za modele Page-a, Wang i Singh-a i Midilli i sar. Model koji su predložili Midilli i sar. ipak daje nešto bolju aproksimaciju sušenja prehrambenih vlakana šećerne repe bilo da se radi o presovanim (ekstrahovani rezanci) ili dekolorisanim vlaknima (slike 1 i 2). Ovaj model se pokazao najboljim i na temperaturama 65°C i 105°C.

Tabela 2. Procenjene vrednosti koeficijenta i statistička analiza modela sušenja u tankom sloju na 85°C

Table 2. Estimated values of coefficients and statistical analysis for the thin layer models at 85°C

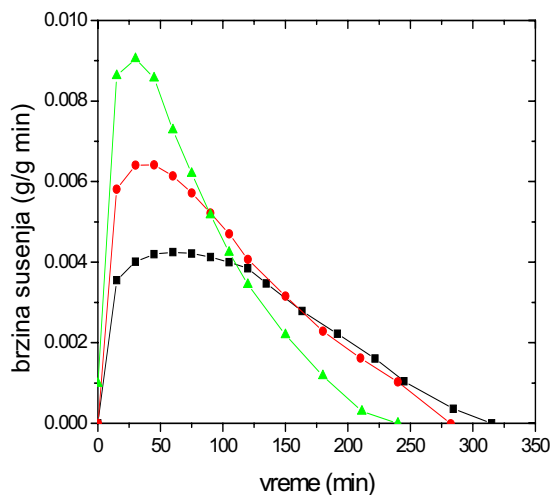
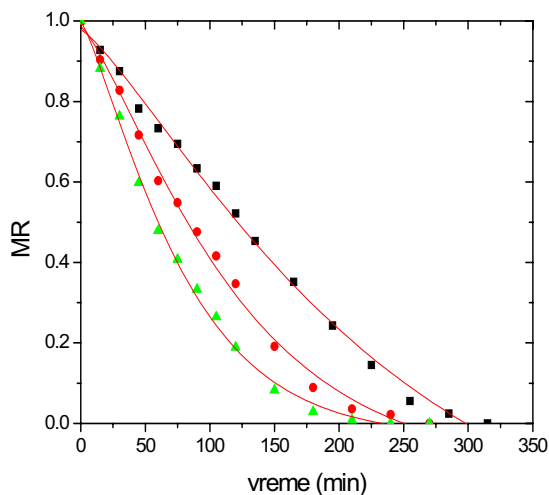
Model	Konstante	presovana prehrambena vlakna	dekolorisana prehrambena vlakna
Lewis	k	0,00978	0,00942
	R ²	0,97549	0,9642
Page	k	0,00216	0,00158
	n	1,32712	1,383
	R ²	0,99729	0,99272
Modifik. Page	k	0,0098	0,00943
	n	1,33113	1,39274
	R ²	0,99729	0,99273
Henderson i Pabis	a	1,06768	1,07258
	k	0,01052	0,01019
	R ²	0,98207	0,97163
Modifik. Henderson i Pabis	a	0,35589	0,3575
	k	0,01052	0,01019
	b	0,35589	0,3575
	g	0,01052	0,01019
	c	0,35589	0,3575
	h	0,01052	0,01019
	R ²	0,98207	0,97163
logaritamska	a	1,21912	1,30825
	k	0,0074	0,00629
	c	-0,18793	-0,28199
	R ²	0,99572	0,99364
difuziona	a	-2,77858	-4,13098
	k	0,02148	0,02039
	b	0,7848	0,83641
	R ²	0,99685	0,99119
Wang i Singh	a	-0,00742	-0,00706
	b	0,00001	0,00001
	R ²	0,99751	0,9967
Two term	a	0,5339	0,53624
	k1	0,01052	0,01018
	b	0,5339	0,53624
	R ²	0,98207	0,97163
Midilli sar.	a	0,99427	0,98682
	k	0,00265	0,0021
	n	1,2671	1,29437
	b	-0,00016	-0,00027
	R ²	0,99846	0,99617

Na slikama 1 i 2 prikazana je zavisnost promene normalizovanog sadržaja vlage odnosno brzine sušenja za presovana odnosno dekolorisana vlakna. Brzina sušenja maksimalne vrednosti dostiže za više temperature. Iako su prehrambena vlakna proizvod koji ima velik početni sadržaj vlage tokom sušenja nije uočen period konstantne brzine sušenja na temperaturama 85°C i 105°C. Na temperaturi 65°C uočen je kratak period konstantne brzine sušenja za oba tipa vlakana, ovakvi rezultati u saglasnosti su sa rezultatima dobijenim za većinu poljoprivrednih proizvoda koji se suše [6, 12].



Sl. 1. Promena normalizovanog sadržaja vlage odnosno brzine sušenja za presovana vlakna, \blacksquare 65°C, \bullet 85°C, \blacktriangle 105°C, --- Midilli i sar.

Fig.1 . Change in moisture ratio and draying rate for pressed fibers \blacksquare 65°C, \bullet 85°C, \blacktriangle 105°C, --- Midilli i sar.



Sl. 2. Promena normalizovanog sadržaja vlage odnosno brzine sušenja za dekolorisana vlakna, \blacksquare 65°C, \bullet 85°C, \blacktriangle 105°C, --- Midilli i sar.

Fig.2 . Change in moisture ratio and draying rate for decolorized fibers \blacksquare 65°C, \bullet 85°C, \blacktriangle 105°C, --- Midilli i sar.

ZAKLJUČAK

Model Midilli i sar. daje najbolju aproksimaciju eksperimentalnih rezultata sušenja presovanih i dekolorisanih prehrambenih vlakana šećerne repe u posmatranom opsegu temperature. Sušenje prehrambenih vlakana odigrava se u oblasti opadajuće brzine sušenja, ali je na temperaturi 65°C, uočen kratak period konstantne brzine sušenja.

NAPOMENA: istraživanja su finansirana od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije - projekt br. BTN 7.1.6.0441.B

LITERATURA

- [1] Bertin, R., Blazuquez, M.: Modelling and optimization of a dryer, *Drying Technology*, (1986), 4(1), s.45-66
- [2] Broughton N., Dalton C., Jones G., Williams E.: Adding value to sugar beet pulp, *International Sugar Journal*, (1995) 97, s.57-60
- [3] Ertekin, C., Yaldiz, O.: Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model, *Journal of Food Engineering*, (2004) 63, s. 349-359
- [4] Lee, B.: Process for cleaning sugar beet pulp, (1988), U.S. Pat 4770886
- [5] Liu, Q., Bakker-Arkema, F.W.: Stochastic modelling of grain drying, Part 2: Model development, *Journal of Agricultural Engineering Research*, (1997) 66, s.275-280
- [6] Maskan, M.: Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, (2000) 44, s.71-78

- [7] O'Callaghan, J.R., Menzies, D.J., Bailey, P.H.: Digital simulation of agricultural dryer performance, *Journal of Agricultural Engineering Research*, (1971) 16, s.223-244
- [8] Parry, J.L.: Mathematical modelling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: a review, *Journal of Agricultural Engineering Research* (1985) 32, s.1-29
- [9] Pribiš, V.: *Nutritivne osobine hrane*. Tehnološki fakultet, Novi Sad (1999)
- [10] Stauffer, C.E.: Dietary fibre: Analysis, Physiology and Calorie reduction. (1993), Chapt. 14 in *Advances in Backing Technology*, ed. by B.S. Kamel and C.E. Stauffer, Blackie Academic & Professional, London
- [11] Šušić S., Kukić G., Sinobad V., Perunović P., Koronovac B., Bašić Đ.: *Osnovi tehnologije šećera*. Industrija šećera Jugoslavije "Jugošećer" D.D., (1994) Beograd
- [12] Tang, Z., Cenkowski, S., Muir, W.E.: Dehydration of sugar-beet pulp superheated steam and hot air, *American Society of Agricultural Engineers* (2000), 43(3), s.685-689
- [13] Tjebbes, J.: Utilization of fiber and other non-sugar products from sugar beet. In: Clarke, M.A., Godshall, M.A., eds. *Chemistry and processing of Sugarbeet and Sugarcane* (1988), Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., s.139-145
- [14] Togrul, I.T., Pehlivan D.: modelling of drying kinetics of single apricot, *Journal of Food Engineering* (2003), 58, s.23-32
- [15] Vagenas, G.K., Marinos-Kouris, D.: the design and optimisation of an industrial dryer for sultana raisins, *Drying Technology* (1991), 9(2), s.439-461
- [16] Williams, E., Conzens, A., Smith, S., Gay, M., Theobald, T., Cole, J.: Palatable compositions comprising sugar beet fiber, (1994) U.K. Pat. 2287636
- [17] Zhang, Q., Litchfield, J.B.: An optimisation of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer, *Drying Technology* (1991), 9, s.383-395

Primljeno: 15.03.2005.

Prihvaćen: 18.03.2005.

Bibliid: 1450-5029 (2005) 9; 3-4; p.70-73

UDK: 634.21:664.854:006.44

Stručni rad
Professional paper

PRIMENA HACCP SISTEMA U PROIZVODNJI SUŠENE KAJSIJE

APPLICATION OF HACCP SYSTEM IN DRIED APRICOT PRODUCTION

Ivan PAVKOV dipl. ing, dr Ljiljana BABIĆ; dr Mirko BABIĆ
Poljoprivredni fakultet, 2100 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8

REZIME

Koncept pod nazivom analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke (Hazard Analysis Critical Control Point – HACCP), kao specifičan program razvijen za bezbednost hrane, široko je prihvaćen u većini zemalja EU, a u nekim predstavlja i zakonsku obavezu. To je preventivni sistemski prilaz koji se koristi u proizvodnji hrane kao jedan od instrumenata za osiguranje kvaliteta i zdravstvene ispravnosti hrane. Kako su u toku pripreme za harmonizaciju naše zakonske regulative sa propisima EU, za očekivati je da se u najskorije vreme i u naše propise unesu obaveze u pogledu primene HACCP sistema. Da bi se to ostvarilo, potrebno je teorijski, ali i praktično pristupiti istraživanju ove problematike. U radu je prikazan jedan analitički primer primene HACCP sistema u procesu proizvodnje sušene kajsije, po principu "od njive do trpeze". Obuhvaćeno je razmatranje osnovnih principa razvoja i sprovođenja sistema.

Cljučne reči: HACCP sistem, suva kajsija, bezbednost i kvalitet.

SUMMARY

Concept named "Hazard Analysis Critical Control Point – HACCP" was developed as a specific program for food safety and widely accepted in the majority EU countries and some of them adopted it as legal obligation. It is preventive systematic approach which is use in food production like one of the instruments to insure quality and food safety. Preparation for harmonization, EU regulations with Serbia and Montenegro regulations, are in progress. Very soon it is for expecting to harmonize them. To realize that, it is necessary not just theoretically but and practice approach for exploring that problem. Theoretical example of one possible application of HACCP system in dried apricot production, "from field to the table" has been presented in this paper. Discusses has been included majority developing principals and system deverbging.

Key words: HACCP system, Dried apricot, Food safety and quality.

UVOD

Klasičan oblik kontrole kvaliteta i zdravstvene ispravnosti finalnih proizvoda, pored toga što je skup, zahteva dosta vremena i znatno usporava proces proizvodnje i prometa hrane. Često kontrola, ma koliko sveobuhvatna i rigorozna bila, ne može pravovremeno da reaguje i spreči kontaminaciju hrane.

Ovakva situacija je nametnule potrebu za razvojem i praktičnom primenom efikasnijeg sistema kontrole.

Koncept pod nazivom analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke (Hazard Analysis Critical Control Point – HACCP), kao specifičan program razvijen je za kontrolu bezbednosti hrane. To je preventivni sistemski prilaz koji se koristi u lancu proizvodnje hrane po principu "od njive do trpeze". Koristi ga EU i razvijene zemlje u svetu kao jedan od sistema za upravljanje kvalitetom