

POSTROJENJE SUŠARE ZA ŠLJIVE NA BIOMASU**PLUM DRYER PLANT FUELED BY BIOMASS**

Radmila Miljanović, Damir Đaković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada prikazan je primer proračuna i konstrukcije jedne šaržne sušare sa lesama za sušenje šljiva. Cilj rada je da se napravi sušara na biomasu sa upotrebom cirkulacione pumpe i toplovodnog kotla. Na osnovu defunisanog sistema, imamo odgovarajuću sušaru.

Ključne reči: Sušara, šljive, cirkulaciona pumpa, toplovodni kotao

Abstract – The paper presents an example of the calculation and construction of a batch dryer for plums. The aim of this work is to make a biomass dryer using a circulation pump and a hot water boiler. Based on the defined system, we have a suitable dryer.

Keywords: Dryer, plums, circulation pump, hot water boiler

1. UVOD [1]

Sušenje je veoma star proces kao i sve ostale osnovne delatnosti vezane za opstanak ljudskog roda. Sušenjem se smanjuje vlažnost poljoprivrednih proizvoda, sa ciljem da se što manje utiče na njihov kvalitet. Sušenje može biti prirodno i veštačko. Prirodno se obavlja pod dejstvom energije sunca, a veštačko u specijalno projektovanim uređajima-sušarama. Pored navedenih sušenja imamo i sušenje u rerni, pod nastrešicom, na tavanu.

Sušenje šljiva kod nas je dosta zastupljeno. Postoji oko 2000 sorti šljiva. Generalno se svrstavaju u šest kategorija: japanske, američke, „damson“, orijentalne, „divlje“ i evropske-baštenske. Kod nas su zastupljene najviše evropske-baštenske šljive. U našoj zemlji su uglavnom zastupljene sledeće sorte šljiva:

Stenlej
Požegača
Aženka
Čačanska rana

Plodovi šljiva sazrevaju, u zavisnosti od sorte i podloge, podnevlja i vremenskih prilika, osobine zemljišta, nadmorske visine, položaja i načina nege u zasadu, od sredine juna do polovine septembra. Plodovi koje sušimo moraju biti zreli i zdravi, odgovarajuće veličine bez mehaničkih oštećenja. Branje šljiva se obavlja u nekoliko segmenata, pošto svi plodovi na stablu ne sazrevaju u isto vreme. Sve faze sušenja, dorade i pakovanja suvih šljiva imaju važan uticaj na organoleptička svojstva finalnog proizvoda, ali odgovarajuću ulogu ima kvalitet sirovine. U tabeli 1. prikazane su fizičke osobine plodova nekih šljiva.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Damir Đaković, vanr.prof.

Tabela 1. Fizičke osobine plodova nekih šljiva za sušenje [4]

Sorta	Plod			Koštica		
	Visina	Širina	Debljina	Visina	Širina	Debljina
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Stenlej	48,2	35,1	33,9	29,3	15	9
Čač.rodna	41,2	31,7	28,6	23	13,2	7,3
Aženka	39,9	30,2	30,4	23,1	13,8	7,4

2. SUŠENJE ŠLJIVA-STENLEJ

Sušenje šljiva je sezonski posao i neophodno je da nema zastoja tokom sezone berbe. Da bi sušenje teklo bez prekida treba izvršiti sve potrebne pripreme. Šljiva stenlej ima dobar kvalitet ploda i zadovoljavajuću krupnoću, ali plodovi moraju da budu ujednačeni, da se sušenjem ne bi dobio veliki procenar sitnih plodova. Berba mora biti obavljena blagovremeno, gde se selektivno biraju plodovi odgovarajuće zrelosti.

Za sušenje šljive se beru u punoj tehnološkoj zrelosti bez petiljki. Prilikom transporta šljiva vodi se računa da nema oštećenja plodova i da sve bude čisto i potpuno sigurno. Posle branja neophodno je pristupiti daljem postupku obrade. Do samog procesa sušenja šljive se skladište u hladnim i suvim skladištima.

2.1. Prerada šljive [2]

Sušenje šljive obuhvata dve faze: sušenje i završnu obradu. Prva faza obuhvata sledeće operacije: inspekciju-pranje- inspekciju-klasiranje- stavljanje na lese- redanje lesa na kolica- sušenje.

Inspekcija. Vršiti se analiza kvaliteta plodova pre početka istovara. Nakon obavljenih kontrola i merenja prispelih šljiva za sušenje vrši se istovar.

Pranje. Pranjem se otklanjaju mehaničke nečistoći i izvesna količina prisutnih mikroorganizama. Posle pranja vrši se ponovo inspekcija, odnosno kontrola već čistih proizvoda koji idu na dalju obradu.

Klasiranje. Proces u kom se vrši razdvajanje plodova po veličini sa ciljem da se slažu na lese plodovi približno iste veličine.

Stavljanje na lese. Stavljanje šljiva na lese može se obavljati ručno ili automatski prko specijalno konstruisanih uređaja.

Redanje lesa na kolica. Lese se postavljaju na kolica sa pokretnim točkovima, na koje se razastiru plodovi.

Sušenje. Sušenje je proces kojim se iz šljiva uklanja veća količina vlage i time se omogućava njihovo dugotrajno čuvanje.

Hlađenje. Pre unošenja u skladište šljiva mora da se ohladi. Koriste se čiste, promajne prostorije, specijalno pripremljene za skladištenje suvih šljiva.

Klasiranje. Po obavljenom kondicioniranju (skladištenje u cilju izjednačavanja vlage), šljiva se ponovo klasira u procesu završene obrada, kako bi proizvod bio što ujednačenijeg kvaliteta.

Etiviranje. Prilikom etiviranja plodovi se kratko potapaju u vrelu vodu a onda vade i pakuju. Upakovana šljiva se stavlja u komore, koje se zagrevaju indirektnim putem preko ugrađenih kalorifera.

Postupak završne obrade obuhvata: inspekcija- klasiranje- pranje- pasterizaciju- odstranjivanje površinski zadržane vode- dodavanje konzervansa- pakovanje. Završna obrada može se obaviti na dva načina: suvim načinom ili sterilizacijom i vlažnim postupkom.

Pasterizacija. Oprana šljiva pada u pasterizator u kom je ugrađen kofičasti transporter, pomoću kojeg se proizvod kreće kroz vodu. Voda se zagreva parom.

Odstranjivanje površinski zadržane vlage. Posle pasterizacije na vibrirajućem uređaju odstranjuje se površinski zadržana vlaga. Zati ide još jedna inspekcija.

Dodavanje konzervansa. Pred samo punjenje u ambalažu dodaje se konzervans, prskanjem rastvorom određene koncentracije preko atomizera.

Pakovanje. Za pakovanje suvih šljiva se uglavnom se koriste plastične kese, kao i kartonske kutije.

2.2. Režim sušenja šljiva

Pod pojmom režim sušenja šljiva podrazumeva se intenzitet osnovnih parametara agensa sušenja, koja se ostvaruju tokom trajanja samog procesa. Te osnovne parametar čine: temperature, vlažnost i brzina stujanja.

Sadržaj vlage u odnosu na vreme sušenja sa toplim vazduhom sušenja normalnih i tretiranih uzoraka šljiva kako pod uticajem različitih temperature vazduha, navešćemo preko primera. Početni sadržaj vlage je oko 78,1% i on se smanjuje sa vremenom sušenja. Vreme sušenja potrebno da se redukuje vlaga iz početnog sadržaja na željenu vrednost kod normalnih uzoraka je 37,29 i 23h na temperature vazduha od 50,60 i 70 °C, dok je kod tretiranih uzoraka vreme sušenja 27, 22 i 18 h na temperaturi vazduha od 50, 60 i 70 °C pri jednakoj brzini vazduha od 0,8 m/s [3].

Vlažnost zagrejanog vazduha, kao agensa sušenja, može se posmatrati kroz apsolutnu i relativnu vlažnost.

Apsolutna vlažnost vazduha se ne menja jer je određena meteorološkim uslovima spoljnog vazduha, dok je relativna vlažnost parameter koji možemo menjati uz zagrevanje na različite vrednosti temperature.

3. PODELA SUŠARA I NAČINI PROVOĐENJA TOPLOTE

Tradicionalno direktno sušenje je stari način sušenja šljiva, direktno na suncu. Ima prednosti u uštedi energije, ali ima i dosta nedostataka jer tako nije zaštićeno od prašine i ptica. Pasivni solarni sistem sušenja je sličan staklenicima, orijentisane staklene površine okrenute prema jugu. Ulaganje je veliko i neophodna je veća površina da bi se to napravilo. Industrijski način sušenja

kod nas je počeo da se primenjuje prvo izgradnjom tunelske sušare, a kasnije se to sve više širilo. Sušare predstavljaju objekte u kojima se pod određenim kontrolisanim uslovima odvodi voda-vlaga iz šljiva. Postoji veliki broj tipova sušara, a za sušenje šljiva najviše se primenjuju komorne i tunelske sušare, a zajednička osobina im je da rade pri atmosferskom pritisku. Osnovni pokazatelji dobrog tehničkog rešenja sušare za šljive: jednostavna izrada, lako opsluživanje, minimalno angažovanje ljudskog roda, pouzdranost u radu, itd. U zavisnosti od načina dovodenja toplote sušenje može biti:

Konvektivno sušenje sa atmosferskim pritiskom radnog fluida

Konvektivno sušenje u vakuumu

Konduktivno sušenje

Sušenja zračenjam

Mikrotalasno sušenje

Osmotsko sušenje

Sušenje zamrzavanjem ili liofalizacija

4. PRORAČUN SUŠARE I SKLOPNI CRTEŽ

4.1. Proračun sušare

U pitanju je šaržna sušara na čvrsto gorivo. Ulazni podaci u šaržu su dati u tabeli 2.

Tabela 2. Ulazni podaci u šaržu

Veličina	Oznaka	Jedinica	Komora	Ukupno
Sirovina	G	Kg	1500	3000
Voda	G_{VP}	Kg	1200	2400
Suva materija	G_{sm}	Kg	300	600
Masa lese	G_l	Kg	25	
Broj lesa			60	120

Poznati podaci su: ulazna temperatura $t_0=20$ °C, temperatura na izlazu iz grejača $t_1=75$ °C, temperatura na izlazu iz sušare $t_2=40$ °C. Relativna vlažnost vazduha na ulazu u sušaru $\phi_0=80$ %, relativna vlažnost vazduha na izlazu iz grejača $\phi_1=48$ %, relativna vlažnost vazduha na izlazu iz sušare $\phi_2=64$ %. Apsolutna vlažnost na ulazu u sušaru $x_0=8,8$ g/kg, apsolutna vlažnost na izlazu iz grejača $x_1=8,8$ g/kg, apsolutna vlažnost vazduha na izlazu iz sušare $x_2=22,7$ g/kg.

Entalpija na ulazu u sušaru $h_0=90,8$ kJ/kg, entalpija na izlazu iz grejača $h_1=146,7$ kJ/kg, entalpija na izlazu iz sušare $h_2=223,4$ kJ/kg.

G_1 - količina vode u 1 kg presnih šljiva

G_{sm} - količina suve materije u 1 kg

G_1 - količina vode u 1 kg suve šljive

W - količina vode odvedena sušenjem.

$$G_1 + G_{sm} = G_2 + G_{sm} + W$$

$$W = G_1 - G_2$$

$$W = 0,750 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \times 1500 \text{kg} = 1125 \text{kg}$$

$$W = 0,750 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \times 3000 \text{kg} = 2250 \text{kg}$$

Vreme sušenja je 24h.

Sadržaj vlage:

$$\Delta x = x_2 - x_0 = 22,7 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} - 8,8 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} = 13,9 \text{g} / \text{kg}$$

$$m_v = \frac{1125 \text{kg}}{24 \text{h}} = 46,875 \text{kg} / \text{h}$$

$$m_v = \frac{2250 \text{kg}}{24 \text{h}} = 93,75 \text{kg} / \text{h}$$

Količina vazduha:

$$L = \frac{W}{\Delta x} = \frac{1125 \frac{\text{kg}}{\text{sarzi}}}{0,0139 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}} = 80,935 \text{kg} / \text{sarzi}$$

$$L = \frac{W}{\Delta x} = \frac{2250 \frac{\text{kg}}{\text{sarzi}}}{0,0139 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}} = 161,87 \text{kg} / \text{sarzi}$$

Maseni protok:

$$m_{sv} = \frac{m_v}{\Delta x} = \frac{46,875 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{22,7 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} - 8,8 \frac{\text{gr}}{\text{kg}}} = \frac{46,875 \text{kg}}{13,9 \frac{\text{gr}}{\text{kg}}} = \frac{46,875 \text{kg}}{0,0139 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}} = 3372 \text{kg} / \text{h}$$

$$m_{sv} = \frac{m_v}{\Delta x} = \frac{93,75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{22,7 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} - 8,8 \frac{\text{gr}}{\text{kg}}} = \frac{93,75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{13,9 \frac{\text{gr}}{\text{kg}}} = \frac{93,75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{0,0139 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}} = 6744 \text{kg} / \text{h}$$

$$m_{sv} = \frac{6744 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{3600 \text{J}} = 1,87 \text{kg} / \text{s}$$

Zapreminski protok:

$$\dot{V} = \frac{m_{sv}}{\rho} = \frac{3372 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2810 \text{m}^3 / \text{h}$$

$$\dot{V} = \frac{m_{sv}}{\rho} = \frac{6744 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 5620 \text{m}^3 / \text{h}$$

Potrebna snaga grejača:

$$Q = m_{sv} \times c_p \times \Delta t = 1,87 \times 1 \times 55 = 102,85 \text{kW}$$

Koeficijent prolaza toplote:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{up}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{sp}}} = 0,322 \text{W} / (\text{m}^2 \text{K})$$

$$\dot{Q}_{gub} = A \times k \times \Delta t = 22 \times 0,322 \times 37,5 = 265,65 \text{W}$$

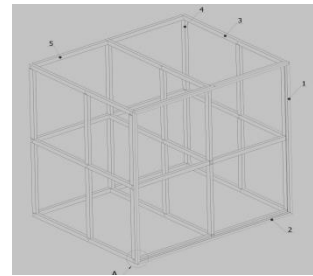
Gubici su zanemarljivo mali i sigurno postoji rezerva na grejaču koja će to pokriti.

4.2 Sklopni crtež

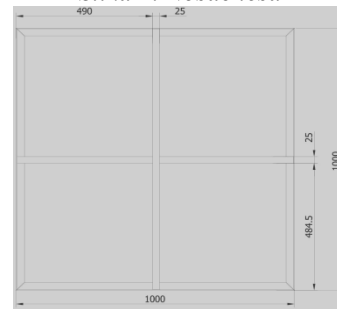
U sklopnom crtežu imamo prikazane pokedinačno delove sušare. Lese su pravljeni od materijala koji je dozvoljen u prehrambenoj proizvodnji.

U pitanju su prohromske lese. Sušara je urađena od čelične konstrukcije, obložena panelima. Svi metalni delovi u unutrašnjosti sušare su pocinkovani.

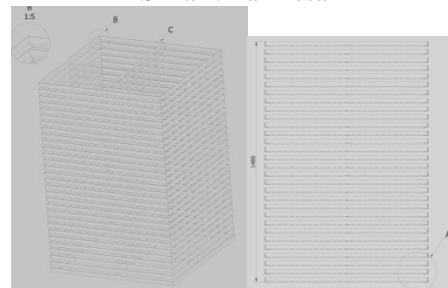
U jednu šaržu se ubacuje 60 lesa, 30 lesa u visinu, imamo dva reda u jednoj šarži. Na lesu se stavlja 25 kg šljiva. Razmak između lesa je 2 cm. Na slici 1. prikazan je nosač konstrukcije, na slici 2. ram lesa a na slici 3. šarže.



Slika 1. Nosač lesa



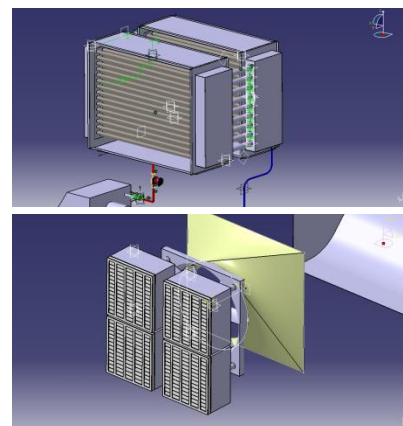
Slika 2. Ram lesa



Slika 3. Šarža

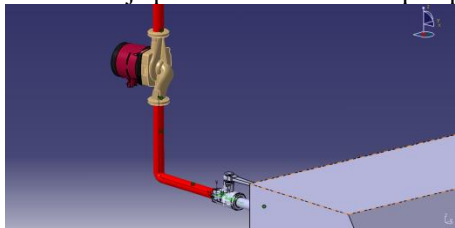
Da bi sušara radila, odnosno da bi bio obavljen proces sušenja šljiva usvojen je razmenjivač toplote, ventilator za transport vazduha, cirkulacionu pumpu i toplovodni kotao. Razmenjivač toplote je uređaj kod kog se toplota prenosi sa jednog fluida na drugi. U razmenjivačima toplote se najčešće javlja kombinacija provođenja i prelaza toplote. Razmenjivač toplote koji sam usvojila je kompaktni lamelni Cu-Al razmenjivač toplote.

Cu-Al razmenjivač toplote kao grejna i rashladna tela preko čijih površina se vrši razmena toplote izrađeni su od bakarnih bešavnih cevi na koje su navučene aluminijumske lamele. Ovaj tip razmenjivača toplote ima široku peimenu. Na slici 4. je prikazan lamelni razmenjivač toplote i ventilator za transport vazduha za sušenje sa filterskom sekcijom.



Slika 4. Razmenjivač toplote i ventilator[5]

Alfa plus-cirkulaciona pumpa može biti ugrađena bilo gde. Efektivno zamenjuje više od 400 tradicionalnih modela cirkulacionih pumpi. Pumpa automatski reguliše protok i pritisak prema uslovima i time eliminiše buku u sistemu. Na slici 5. je prikazana cirkulaciona pumpa.



Slika 5. Cirkulaciona pumpa toplovodnog grejača[5]

Usvojeni kotao je toplovodni kotao TKK3 do max 120kW, zapremina vode u kotlu je 230L. Namenjen je za ručno loženje mrkog uglja, uz mogućnost korišćenja drveta, kriketa i biomase kao ogrev. Deklarisana toplotna snaga važi za ogreve čija je specifična vrednost sagorevanja od 15000 kJ/kg.

Kotao je čelične varene konstrukcije. Stepenn iskorišćenja kotla je iznad 76 %. Potrošnja goriva pri max opterećenju od 120 kW:

$$B = \frac{Q}{Q_r \times \eta_k} \times 100 = \frac{120}{15000 \times 76} \times 100 = 0,01053 \text{ kg/s}$$

Potrošnja goriva pri opterećenju od 102,85 kW:

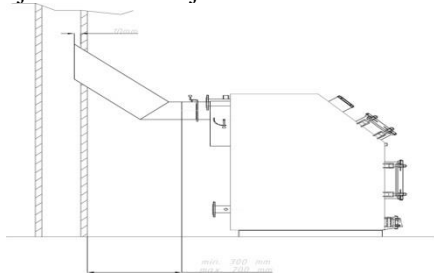
$$B = \frac{Q}{Q_r \times \eta_k} \times 100 = \frac{102,85}{15000 \times 76} \times 100 = 0,009021 \text{ kg/s}$$

Na slici 6. prikazan je toplovodni kotao na čvrsto gorivo.



Slika 6. Toplovodni kotao na čvrsto gorivo[6]

Prilikom povezivanja kotla na dimnjak luk treba da ima blagi uspon od kotla ka dimnjaku. Ako nije moguće povezivanje sa blagim usponom i jednim lukom, može se izvršiti povezivanje sa dva luka. Dimni kanal je neophodno izolovati. Na slici 7. imamo prikazano povezivanje kotla na dimnjak.



Slika 7. Povezivanje kotla na dimnjak[7]

5. ZAKLJUČAK

Tema ovog rada bila je proračun i konstrukcija sušare za sušenje šljiva uz korišćenje kotla koji koristi usitnjenu biomasu. U radu je obuhvaćen i izbor materijala od kog je napravljena sušara. Osnova je da imamo ulaznu temperaturu vazduha, temperaturu na izlazu iz grejača i temperaturu na izlazu iz sušare. Sušara ima dvoje kolica sa lesama gde se može sušiti od 1500 kg do 3000 kg šljive. Sama konstrukcija sušare je takva da imamo što manje gubitaka toplote i što efikasnije sušenje.

Izbor ventilatora, cirkulacione pumpe, razmenjivača toplote i kotla su rađeni u skladu sa vrstom sušare i kao mali potrošači. Prilikom priprema šljiva neophodno je obaviti niz pregleda sušare. Za rad na ovoj sušari neophodno je obezbediti i radnike koji će raditi po smenama.

Nedostatak ovog tipa sušenja je što se sve radi ručno i što pre svakog sušenja mora biti obavljen detaljan pregled kako lesa tako i kotla i ostalih uređaja.

6. LITERATURA

- [1] Mirković V., "Tehnologija proizvodnje suvih šljiva bez koštica", Loznica, 2009
- [2] Babić Lj., Babić M., "Sušenje i skladištenje", Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2000
- [3] Sacilik K., "Dryer kinetics of uryani plum in a convective hot-air dryer", Journal of Food Engineering 76,2015, pp. 362-368
- [4] www.tehnologijahrane.com (psistup januar 2015.)
- [5] www.etaznogrejanje.com (pristup maj 2016.)
- [6] www.termotehnika.com (pristup maj 2016.)

Kratka biografija:



Radmila Miljanović rođena je u Ključu, BiH, 1983.god. Upisala je osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, oblast Mašinstvo-Energetika i procesna tehnika. Trenutno zaposlena u Gradskoj upravi. Kontakt: ljrada@hotmail.com