

KORIŠĆENJE BIOMASE ZA SUŠENJE PRIKAZ PROTOTIPA INDUSTRIJSKE UNIVERZALNE SUŠARE

*Dragiša Raičević, Đuro Ercegović, Franc Kosi, Đukan Vukić**

Ključne reči: *sušara, otpadna biomasa, radni parametri, biljni materijali, energetska efikasnost*

SAŽETAK:

U radu je dat pregled rezultata eksperimentalnih ispitivanja procesa sušenja biljnih materijala sprovedenih na prototipu industrijske univerzalne sušare sa otpadnom čvrstom biomasom kao pogonskim gorivom. Eksperimentalnim istraživanjima obuhvaćen je niz biljnih materijala sa ciljem određivanja osnovnih strujnotermičkih, kinetičkih i tehnoloških parametara sušenja kao i potrošnje energije. Posebno su analizirani temperatura i relativna vlažnost vazduha za sušenje, vlažnost i temperatura materijala, brzina sušenja kao i specifična potrošnja energije.

1. - UVOD

Istraživanje i razvoj tehnologija novih i obnovljivih izvora energije je posebno značajno za proizvodnju i preradu hrane budući da se znatne količine ukupne energije, a posebno tečnih goriva, troše upravo u poljoprivredi i prehrambenoj industriji. Neki podaci pokazuju da se u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji troši 50-60 kg/ha dizel goriva, a da se za doradu i preradu hrane u raznim tehnološkim postupcima (sortiranje, pakovanje, zamrzavanje, sušenje, ceđenje, destilacija i sl. pri različitim nivoima finalne prerade) prosečno troši oko 12-17 kg ekvivalentnog tečnog goriva po toni hrane.

Iako je sušenje jedan od najstarijih postupaka obrade materijala, i danas se ulažu značajni naučnoistraživački naponi u nastojanju da se procesi sušenja usavrše sa tehnološko-tehničkog i energetskog aspekta. Dramatično povećanje troškova energije i sve izraženiji, rigorozni zahtevi zaštite životne sredine u poslednjih dvadesetak godina usloveli su smanjenje relativnog učešća investicionih u ukupnim troškovima procesnih sistema, pa je direktna posledica preduzetih mera (uprkos povećanoj tehničko-tehnološkoj

* Dragiša Raičević, red. prof., Đuro Ercegović, red. prof., Franc Kosi, vanr. prof., Đukan Vukić, red. prof.

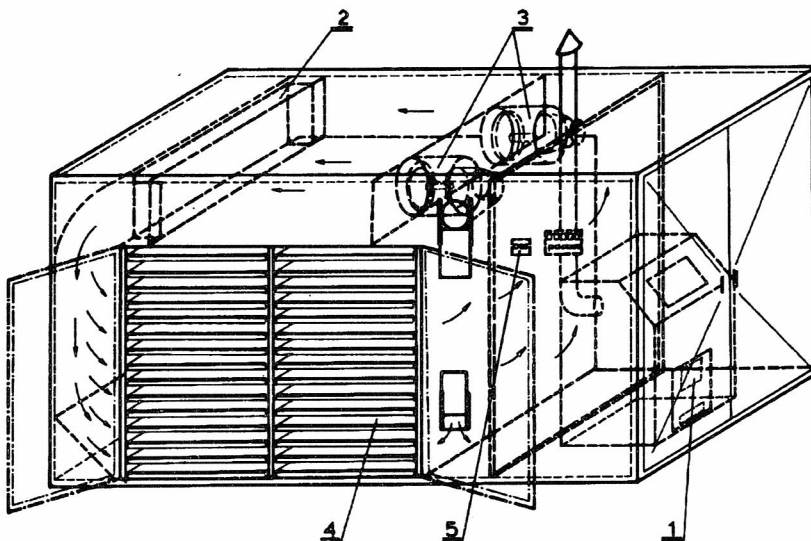
Institut za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, 11081 Beograd-Zemun, Nemanjina 6.

kompleksnosti sistema) izraženo smanjenje i promena strukture potrošnje energije. Tako se, već danas, opitno-demonstracioni, pa čak i komercijalni projekti uvođenja "novih" izvora energije u industrijskim postrojenjima za sušenje nalaze u realizaciji i ne retko se ističu rezultati pune tehničke primenljivosti i uporedivosti ekonomičnosti sistema sa sličnim u kojima se koriste samo klasični izvori energije.

2. - PRIKAZ PROTOTIPA INDUSTRIJSKE UNIVERZALNE SUŠARE

U radu se prikazuje osvojeno - patentno rešenje univerzalne sušare UVS-4 (Slika 1.) namenjene za sušenje biljnih proizvoda (lekovitog i aromatičnog bilja, kao i koštičavog voća, gljiva i šumskih plodova) kod koje se kao gorivo koriste čvrsti biljni i drvni otpaci.

Sušara obuhvata klasični toplovodni kotao "na ugalj" (1) sa trokrakim ventilom u povratnom vodu, razmenjivač toplote (2), aksijalni ventilator (3), komoru za sušenje (4) sa lesama za smeštaj vlažnog materijala i regulacijske klapne (5) za promenu odnosa svežeg i recirkulisanog vazduha. Veličine¹ koje se mere u cilju određivanja relevantnih parametara rada uređaja su maseni protok i brzina strujanja vlažnog vazduha, pad pritiska radnih fluida, temperatura tople vode, vazduha za sušenje i vlažnog materijala tokom sušenja, kao i temperatura, relativna vlažnost i pritisak atmosferskog vazduha. Svež vazduh se meša sa recirkulisanim vazduhom i aksijalnim ventilatorom potiskuje preko razmenjivača toplote i posredstvom usmerivača uvodi u komoru za sušenje. Vlažni materijal nalazi se na 60 lesa (dva reda sa po trideset lesa ukupne površine 44 m²). Podešavanje stepena recirkulacije ostvaruje se pomoću regulacijskih klapni.



Sl. 1. - Prototip indirektna sušara UVS-4

¹ Detaljan opis merne aparature dat je u [7].

Uzorci lekovitog i aromatičnog bilja (peršun, nana, timijan, odoljen, kesten i žalfija) korišćeni u eksperimentalnim istraživanjima uzeti su sa plantaža Instituta za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić" u Pančevu. Merenja sastava i sadržaja etarskih ulja obavljena su u laboratorijama Instituta za proučavanje lekovitog bilja "Dr Josif Pančić" u Beogradu. Ocena kvaliteta biljne lekovite sirovine sprovedena je na osnovu analiza hemijskih konstanti rađenih po Ph. Jug. IV, 1984. [3]. Priprema šljiva za sušenje izvedena je "dipovanjem" u 3% rastvoru natrijumhidroksida u trajanju 20-30 sekundi. Uzorci kajsije su podeljeni u tri grupe; prva je suvo sumporisana (u atmosferi sumpordioksida), druga je vlažno sumporisana (potapana u trajanju od 10 sekundi u 5% rastvoru sumporaste kiseline), a treća grupa je samo oprana u hladnoj vodi.

Tokom procesa kontinualno su praćene merodavne strujnotermičke karakteristike, a na uzorcima sušenog materijala koji su periodično uzimani neposredno iz komore za sušenje, vršeno je određivanje parametara kvaliteta. Kao parametri kvaliteta posmatrani su: sadržaj vlage, sadržaj i gubici etarskih ulja (kod lekovitog bilja) tokom procesa.

Tokom eksperimenata temperatura vazduha na ulazu u komoru za sušenje iznosila je 37-70°C. Temperatura spoljašnjeg vazduha je bila relativno visoka - kretala se u rasponu 19-32°C. Istovremeno, relativna vlažnost spoljašnjeg vazduha iznosila je od 0,33 do 0,47. Prosečna vrednost zapreminskog protoka vazduha bila je 5600-6200 m³/h. Brzina strujanja vazduha kroz sloj materijala prosečno je iznosila 0,4-0,6 m/s, a u slobodnom preseku sušare 0,9-1,0 m/s. Prosečna brzina sušenja (svedena na jedinicu površine lesa) bila je 0,312-0,345 kg/m² h.

Prosečna varijacija temperature vazduha na ulazu u sloj sušenog materijala iznosila je ± 2 °C. Pri izrazito promenljivim temperaturama spoljašnjeg vazduha tokom merenja registrovana je netipično velika varijacija temperature, pošto se u tim slučajevima promena parametara okoline nije mogla u potpunosti kompenzovati sistemom za regulaciju temperature.

3. - POTROŠNJA ENERGIJE ZA SUŠENJE

Potrošnja energije u procesu sušenja predstavlja osnovni parametar za ocenu racionalnosti i ukupni ekonomski efekat procesa. Potrošnja energije za sušenje određivana je na dva načina: "računski" na osnovu izobarske promene entalpije pri zagrevanju vazduha duž grejne površine razmenjivača toplote, i direktno, merenjem utroška ogrevnog drveta i otpadne čvrste "ratarske i šumske" biomase u toplovodnom kotlu sušare. Zbog relativno visoke temperature vazduha potrebne za sušenje koštičavog voća, toplotna opterećenja sušare značajno su veća pri sušenju voća u odnosu na sušenje lekovitog bilja, pa će se ovde, uz napomenu da se detaljni rezultati određivanja energetske potrošnje za sve ispitivane materijale mogu naći [7], [8], [9], navesti neki karakteristični podaci o specifičnoj potrošnji energije za sušenje šljiva i kajsija.

Pošto je osnovna karakteristika procesa sušenja temperaturski režim, eksperimentalna istraživanja sušenja šljive su koncipirana tako da obuhvate određeni broj ponovljenih merenja sa režimima koji su podeljeni u tri grupe:

- režim I: predgrevanja u trajanju od 1 časa sa temperaturom vazduha od 45°C, prelazna faza u trajanju od 11 časova sa temperaturom vazduha od 73°C, faza pothlađivanja koja traje 30 minuta sa temperaturom vazduha od 53°C i faza

sušenja sa temperaturom vazduha od 73°C do dostizanja željene vlažnosti 28,3-29,5%);

- režim II: "jednofazni" proces sa konstantnom temperaturom vazduha od 73°C
- režim III: faza predgrevanja u trajanju od oko 1 čas sa temperaturom vazduha od 45°C; prelazna faza u trajanju od 8 časova sa temperaturom vazduha od 65°C; faza pothlađivanja u trajanju od 30 minuta sa temperaturom vazduha od 54°C; i faza sušenja sa temperaturom vazduha od 73°C do postizanja krajnje vlažnosti sušenog materijala.

Eksperimenti sa plodovima kajsije su obavljani sa stalnim temperaturama i zapreminskim protocima vazduha za sušenje u meri koliko je to bilo moguće postojećom instalacijom u "pogonskim" uslovima. Na taj način su razlike tehnoloških i energetske parametara u pojedinim eksperimentima rezultat načina pripreme plodova za sušenje.

"Stvarna" specifična potrošnja toplote (određena promenom entalpije vazduha) pri sušenju šljiva kretala se u rasponu 5900-6000 kJ/kgW (režim I), odnosno 7000-7200 kJ/kgW (režim II) i 7900-8100 kJ/kgW (režim III). Značajna razlika u utrošku energije uočava se samo u pojedinim režimima sušenja, dok se neznatne razlike između eksperimenta za isti režim mogu objasniti nepostojanje identičnih uslova za sve eksperimente kao i greškama merenja. Istovremeno, potrošnja energije "unešene" ogrevnom biomasom bila je za 35-49% veća, što ukazuje na velike gubitke pri transformaciji energije u uređaju za pripremu tople vode.

Značajno veća specifična potrošnja toplote pri sušenju kajsije (15000-16000 kJ/kgW) rezultat je najpre činjenice da je krajnja vlažnost sušenih plodova kajsija (oko 17%) znatno niža od krajnje vlažnosti osušenih šljiva (ne ispod 25%). Drugi verovatni razlog su teškoće vezane za ostvarenje relevantnog režima sušenja, kao i razlike termofizičkih osobina i oblika sušenog materijala.

4. - ZAKLJUČAK

U razmatranju mogućnosti korišćenja čvrste biomase u sistemima za sušenje, ističemo sledeće opšte stavove:

- korišćenje otpadne čvrste biomase omogućava značajnu supstituciju fosilnih goriva u procesima sušenja, i posebno je pogodno za decentralizovane sisteme malog kapaciteta, locirane u nerazvijenim ruralnim područjima bez razvijene energetske infrastrukture i sa nestabilnim snabdevanjem energije uopšte.
- iako je efikasnost sistema za sagorevanje biomase smanjena u odnosu na sagorevanje "konvencionalnih" goriva, osnovna prednost biomase kao goriva je njena "ekološka vrednost" (smatra se da se stvaranjem CO₂ pri sagorevanju biomase ne narušava ravnoteža CO₂ u globalnim razmerama)
- globalno posmatrano, ovo sagorevanje (ili kosagorevanje biomase i uglja) omogućava da se bez velikih ulaganja za prepravku postojećih uređaja bitno umanjí emisija štetnih materija (NO_x i CO);
- za uspešan razvoj tehnologija korišćenja biomase potrebno je rešavanje određenih problema koji proizlaze iz specifičnosti fizičko-hemijskih osobina biomase (heterogenost i promenljivost fizičko-hemijskog sastava, nesavršenost tehnologija i kontrole procesa sagorevanja);

- za razmatranje i donošenje odluka o širenju primene biomase u industrijskim sistemima za sušenje neophodne su ocene ukupne energetske efikasnosti sistema – lanca proizvodnje biomase, prikupljanja, manipulacija, transporta, mehaničke i druge pripreme ostatka ili namenski proizvedene biomase u sprezi sa ekonomskom analizom svih karika u ovom lancu.

LITERATURA

- [1] A.V. Luikov, *Teorija suški*, Energija, Moskva, 1968.
- [2] H.P. Perry, *Chemical Engineerings' Handbook*, McGraw-Hill Book Company, Inc. (1992).
- [3] Ph. Jug. IV, *Izdanje Saveznog zavoda za zdravstvenu zaštitu*, Beograd, 1984.
- [4] J. Mueller, G. Reisinger, W. Muehlbauer, M. Martinov, Tešić, J. Kišgeci, *Trocknung von Heil-und Gewürzpflanzen mit Solarenergie im Foliengenjächshaus*, Landtechnik, 44, (1989), No.2, 58-65.
- [5] B. Palancz: Analysis of Solar-Dehumidification Drying, *Int. J. Heat and Mass Transfer*, Vol. 27, No. T5, (1984), 647-655.
- [6] M. Quintard, M. Todorović, *Heat and Mass Transfer Through Porous Media*, Monograph, Elsevier Science Publ. Amsterdam, 1992.
- [7] D. Raičević, Đ. Ercegović, F. Kosi, Đ. Vukić, M. Živković, R. Radojević, R. Milenković: "Projekat prototipa univerzalne vučene sušare UVS-4, Inovacioni projekat", *Ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije* (Evidencioni broj Projekta: I.4.0780), Beograd, (1995-2000).
- [8] F. Kosi, Đ. Ercegović, D. Raičević, R. Milenković: "Eksperimentalno određivanje parametara sušenja lekovitog bilja", *Arhiv za farmaciju, Specijalni broj: XXII Savetovanje o lekovitim i aromatičnim biljkama*, Donji Milanovac, 284-285, 1995.
- [9] M. Živković: "Određivanje optimalnih parametara tehničko-tehnoloških sistema za sušenje koštičavog voća", *Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu*, Novembar 1998.

BIOMASS USE FOR DRYING A REVIEW OF INDUSTRIAL UNIVERSAL DRYING PLANT PROTOTYPE

ABSTRACT:

A review of the experimental results of plant materials drying processes performed by the prototype of universal drying plant using agriculture and forestry waste biomass as fuel has been presented in the paper. In order to estimate flow thermal kinetic and technological properties and specific energy consumption of drying process a number of plant materials is included in experiments. It is a special interest to obtain the temperature and relative humidity of air, moisture and temperature of material, overall drying rate and energy consumption data. Dry matter and ethereal oils content are chosen as quality characteristics of drying process. Obtained data are needed for drying plant design and performance optimization.