DOBIJANJE BRIKETA I PELETA OD NUSPRODUKATA KOŠTIČAVOG VOĆA

BRIQUETTE AND PELLET PRODUCTION FROM STONE FRUIT BY-PRODUCTS

Mr Emina Mihajlović, dipl. inž., dr Dragan Mitić, dipl. inž., i mr Slobodanka Janković, dipl. inž., Fakultet zaštite na radu Univerziteta u Nišu, Niš

U industriji prerade koštičavog voća, kao neizbežan nusprodukt javlja se koštica koja predstavlja potencijalni kvalitetan visokoenergetski gorivi resurs i u osnovnom i u briketiranom stanju. U periodu kada se na mestu nastajanja ne koriste za sopstvene energetske potrebe, mogu se briketirati na dva načina: mlevenjem i briketiranjem meljave, ili posebnim postupkom bez usitnjavanja. U radu su izneti sopstveni eksperimentalni rezultati mogućnosti dobijanja briketa i peleta od ovih materijala, njihova fizička svojstva i energetske vrednosti.

In stone fruit processing industry a stone appears to be a by-product that represents a potential high quality and high energy burning resource both in its raw and briquetted form. In the period when they are not used for fruit production purposes, they can be briquetted in two ways: by grinding and briquetting or by a special procedure without fragmentation. The paper deals with experimental results related to production of briquettes and pellet from these materials, their physical properties and energy values.

Ključne reči: biobriketi; koštica voća; energija
Key words: bio-briquettes; fruit stone; energy

Uvod

U prehrambenoj industriji baziranoj na poljoprivrednim proizvodima, postoji veoma širok i raznovrstan opus sekundarnih sirovina koje se mogu iskoristiti kao energetski resursi. Jednu grupu potencijalnih sekundarnih energetskih sirovina iz voćarstva i industrije za preradu voća predstavljaju ostaci koštičavog voća: višnje, trešnje, breskve, šljive, oraha i dr.

Potencijalna količina ovih fito preobraženih oblika biomasa u Srbiji do sada nije u stručnoj literaturi sagledana. U tabeli 1 izložena je procena količine koštica u Srbiji na bazi ukupne godišnje proizvodnje koštičavog voća.

Otpadna biomasa u obliku koštice voća predstavlja na osnovu donje toplotne moći gorivo visoke klase kvaliteta, a briketirani materijal pripada I klasi energetskih

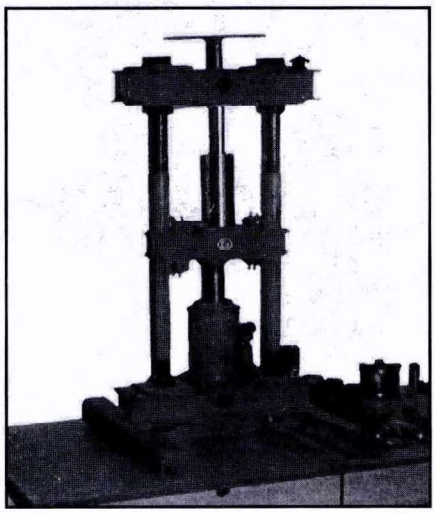
briketa [1, 3]. Ovo gorivo može se koristiti u rinfuznom stanju, mada se tada javlja niz poteškoća u sagorevanju zbog propadanja kroz rešetku i potrebe da se konstruiše namenska rešetka, a neki pokušaji sagorevanja u letu koštice nisu dali zadovoljavajuće rezultate (hladnjača Kuršumlija).

Tabela 1. Potencijalne količine koštica na bazi proizvodnje voća u Srbiji u periodu 1990–1994 [*]

Vrsta ploda	Ukupna godišnja proizvodnja (t)	Procenat koštica u ukupnoj masi ploda (%)	Ukupna količina koštica (t)
Šljiva	411 963	20–22	82 396–90 631
Breskva	50 136	17–24	8 523–12 032
Kajsija	24 809	14–20	4 217–4 961
Trešnja	30 073	6–12	1 804–3 608
Višnja	93 005	8–14	7 404–13 020
Orah	20 121	40–48	8 048–9 658
Ukupno			112 392–133 910

* *Sračunato na bazi pregleda Saveznog zavoda za statistiku i stručne pomoći direktora, M Cvetkovića, iz Centra za vinogradarstvo u Nišu.*

U cilju prevazilaženja ovih poteškoća, autori su rešenje potražili u briketiranju koštice voća jer biobriket pruža izvesne pogodnosti za korišćenje, u odnosu na koštic cu od koje je napravljen. To su pre svega povećanje mase i energije u jedinici zapremine, a po toj osnovi se smanjuju i troškovi manipulacije, transporta, zapremina potrebna za uskladištenje i biološki procesi kvarenja jezgra, a povećava se efikasnost sagorevanja [5].



Slika 1. Laboratorijska presa za briketiranje uglja i biomase u Laboratoriji za sagorevanje FZNR u Nišu

Materijal i metod

Kao materijal za istraživanje korišćene su koštice: višnje, breskve, oraha i trešnje kao nusproizvodi iz prehrambene industrije. Tehničko-tehnološke mogućnosti briketiranja su ispitivane na: laboratorijskoj ručnoj presi, hidrauličnoj ekstruzionoj presi kao pilot-postrojenju za komercijalnu upotrebu i prstenasto valjkastoj prototipskoj presi [6].

Prva od navedenih presa, laboratorijska ručna presa (slika 1) može se koristiti za rad sa: šaržno punjenim alatom i zatvorenom matricom (sl. 2), alatom sa otvorenom matricom (sl. 3) i šaržno punjenim alatom i zatvorenom perforiranom matricom za briketiranje mokrim postupkom (sl. 4). Presa je detaljno opisana u lit. [4, 6, 9, 5, 8].

Na hidrauličnoj ekstruzionoj presi kao pilot-postrojenju za komercijalnu upotrebu, mogu se vršiti sledeća ispitivanja: ocene podobnosti prema briketiranju (bez vezivnog sredstva, ili sa njim, suvim ili mokrim postupkom), minimalnog pritiska formiranja briketa i novih vezivnih sredstava.

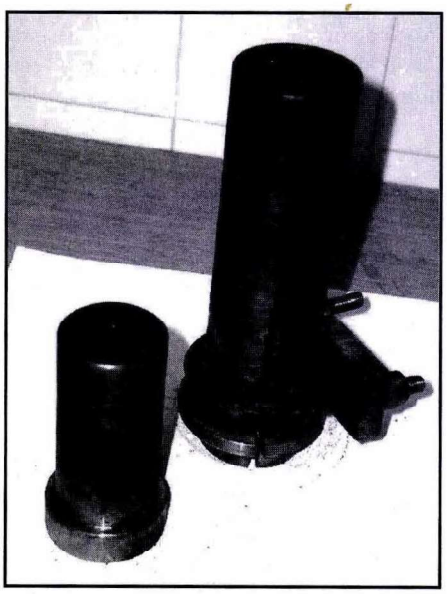
Presa pripada kategoriji ekstruzionih mašina sa hidrauličnim pogonom. Radni princip zasniva se na dobijanju kompaktnih formi gorivih materijala propuštanjem, tj. istiskivanjem, kroz alat prvobitne cilindrične forme na kojem se postiže naknadna konična forma podešljivim elementima.

Dobijeni briket je cilindričnog oblika, prečnika koji je teoretski 50 mm, a praktično usled ekspanzije iznosi nešto više. Dužina briketa je teorijski beskonačna, ali se praktično ostvaruje prelomom na mestu spajanja dve šarže, tako da su dužine nejednake, ali se mogu podesiti da to i budu.

Način doziranja materijala u alat, za potrebe eksperimentalnog rada, diskontinualan je i ostvaruje se ručno u intervalu vraćanja klipa u hodu unazad, a završava se u momentu polaska klipa unapred, za komercijalnu upotrebu je doziranje automatsko i sa predsabijanjem.

Pritisak formiranja briketa postiže se podešavanjem ugla konusa na čeljustima alata i veličinom podešenog pritiska na ventilu za ograničavanje pritiska u hidrauličnoj instalaciji. Na mašini je uradjen samo izvršni deo, što znači da ona nema koš hranilac i dozator materijala za briketiranje; njegova ugradnja planirana je naknadno. Materijal se sipa u cilindrični naglavak montiran na alatu unutrašnjeg prečnika 124,4 mm i dužine 150 mm. Na taj način briketiranje se vrši bez ikakvog predsabijanja koje se inače ostvaruje u konačnom rešenju [2].

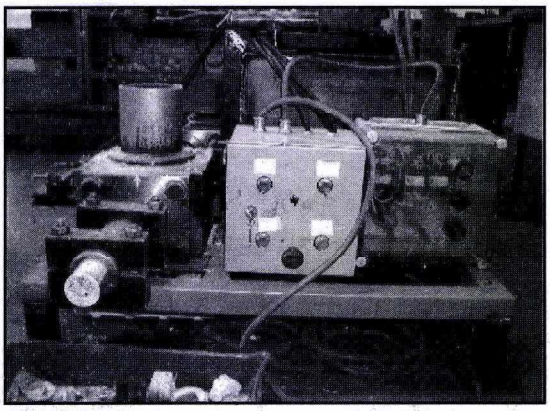
Slika 2. Alat sa šaržnim punjenjem i zatvorenom matricom



Slika 3. Alat sa otvorenom matricom

Prstenasto-valjkasta prototipna presa predstavlja rešenje sa perforiranim prstenom nominalnog prečnika 700 mm i dva pritisna točka efektivnog prečnika 280 mm,

Slika 4. Alat sa perforiranom matricom za mokre postupke briketiranja



Slika 5. Laboratorijska hidraulična ekstruziona presa

Tabela 2. Tehničke analize ispitivanih koštica voća [3]

Red. br.	Uzorak	W_{ha} (%)	A_s (%)	Vol_s (%)	C_{fiks} (%)	Koksni ostatak (%)	Sagorlj. (%)	H_{ga} (MJ/kg)	H_{da}
1.	Koštica višnje	9,6	1,40	71,95	17,05	18,45	89,00	16,45	15,08
2.	Koštica breskve	13,25	1,55	66,55	18,65	20,20	85,20	17,60	16,14
3.	Koštica trešnje	12,365	1,57	69,18	16,38	18,45	86,06	16,11	14,67
4.	Koštica šljive	11,04	1,5	66,16	21,30	22,80	87,46	17,54	16,13
5.	Orah – ljuska	10,402	1,61	75,00	12,98	14,59	87,98	14,53	13,14

radne širine 130 mm u koje se ubacuje meljava. Pogon se ostvaruje na perforiranom prstenu, dok par pritisnih prstenova rotira samo oko svoje ose, a položaj im se ne menja u odnosu na matricu. Pelete su prečnika 10 mm, a cela konstrukcija je urađena u zavarenom izvođenju (detaljnije o samoj konstrukciji videti u lit. [10]).

U Laboratoriji za sagorevanje Fakulteta zaštite na radu u Nišu ostvareno je briketiranje koštica višnje, breskve i oraha i to na sledeća tri navedena načina.

Tabela 3. Nasipne zapreminske mase ispitivanih koštica [11]

Red. br.	Biomasa	Nasipna zapreminska masa (kg/m³)	Granulacija (mm)
1.	Koštica višnje	484,8	prirodna veličina
2.	Koštica breskve	–	prirodna veličina
3.	Koštica trešnje	–	prirodna veličina
4.	Koštica šljive	413,13	prirodna veličina
5.	Orah – ljuska	325	prirodna veličina
6.	Koštica višnje	526,9	mlevena max. 0,2

I. Suvim postupkom bez vezivnog sredstva od jedne vrste koštice koji se sastoji se od: pripreme materijala biomase (sitnjenje, sušenje), doziranja (punjenja alata) i presovanja (oblikovanja briketa ili peleta), a kod mašina sa saržnim punjenjem i istiskivanja briketa.

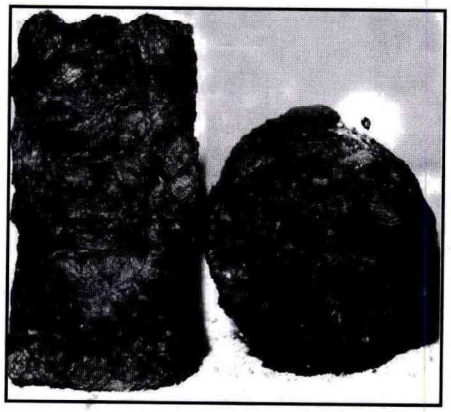
Priprema koštice sastoji se od mlevenja do granulata max. 2 mm na mlinu čekićaru snage 15 kW.

Ovim postupkom dobijeni su srednji biobriketi zapreminskih masa od 803 kg/m^3 od koštice višnje (tabela 4). Pritisak formiranja briketa je 20 MPa na ručnoj presi i do 50 MPa na hidrauličnoj presi.

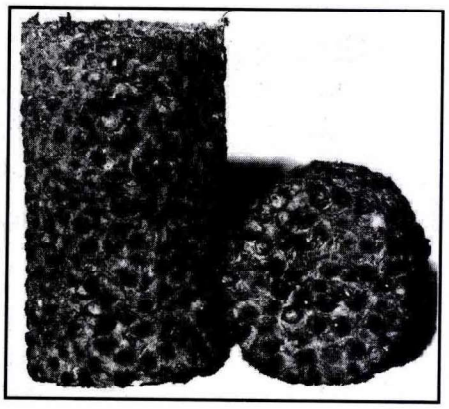
Na briketima dobijenim ovim postupkom primećena je slaba kompaktnost (briketi su neotporni na pritisak i stajanjem pucaju) zbog nedostatka lignoceluloznih materija koje kod biomase imaju ulogu vezivnog sredstva.

II. Suvim postupkom bez vezivnog sredstva od dve vrste biomase (koštice i drvne piljevine) koji se sastoji se iz istih faza kao prethodni postupak, s tim što se priprema sastoji od mešanja mešavine koštice i piljevine.

Ovaj postupak briketiranja primenjen je zbog uočenih nedostataka u prethodnom postupku. Drvna piljevina ovde ima ulogu vezivnog sredstva. U ovom slučaju su do-



Slika 6. Kompozitni – srednji biobriket dobijen mokrim postupkom (višnja/organsko vezivo)



Slika 7. Kompozitni – laki biobriket dobijen mokrim postupkom (breskva/organsko vezivo)

Tabela 4. Svojstva peleta i biobriketa od koštice voća [7, 11]

Red. br.	Uzorak	Tehnološki postupak dobijanja	Broj komponenti	Udeo	Veličina peleta, briketa [mm]	Pritisak formir. [MPa]	Zaprem. masa peleta, briketa [kg/m³]	Nasipna zapreminska masa peleta [kg/m³]	Granulat koštice [mm]	Donja toplotna moc [MJ/kg]	Stepen sabijanja	Zapažanje
1.	Pelet višnja / šljiva	S	2	0,5 / 0,5	10,5	–	1021	378,71	max 0,2	15,613	1,96 / 0,84	Zapreminska masa pojedinačnog peleta je velika, ali nasipna zap. masa peleta manja od zap. mase mlevene koštice, peleti bez dodatka granjevine brzo pucaju
2.	Pelet šljiva / granj.	S	2	0,5 / 0,5	10,5	–	1199	423	max 0,2	15,71	3,6 / 0,81	
3.	Pelet šljiva	S	1	1	10,5	–	972,5	413,14	max 0,2	16,139	2,35 / 0,79	
4.	Pelet višnja	S	1	1	10,7	–	1019,4	424,16	max 0,2	15,08	1,54	
5.	Briket višnja	S	1	1	52	60	803,92	–	max 0,2	15,08	1,92	Puca kada stoji na vazduhu
6.	Briket višnja / piljevina	S	2	0,5 / 0,5	50,5	50	667,43	–	max 0,2	15,19	2,7	Postojan
7.	Briket orah / organsko vezivo 1	M	2	0,5 / 0,5	80	max 0,5	420	–	prirodna veličina	14,72	0,99	Izuzetno postojan
8.	Briket višnja / organsko vezivo 1	M	2	0,8 / 0,2	80	max 0,5	481	–	prirodna veličina	15,32	0,99	
9.	Briket višnja / organsko vezivo 2	M	2	0,7 / 0,3	80	max 0,6	502	–	prirodna veličina	15,76	1,03	
10.	Briket breskva / organsko vezivo 2	M	2	0,7 / 0,3	80	max 0,6	370	–	prirodna veličina	16,50	2,4	

S i M – suvi i mokri postupak dobijanja.

bijeni srednji biobriketi zapreminske mase do ρ_{br} = 667 kg/m^3 i, uslovno, teški peleti zapreminske mase do ρ_{pe} = 1199 kg/m^3 i nasipne zapreminske mase peleta ρ_{npe} = 423 kg/m^3. Pritisak formiranja je do 60 MPa.

III. Mokrim postupkom briketiranja od jedne vrsta nepripremljene koštice sa dodatkom vezivnog sredstva (sl. 6 i 7) koji se sastoji od: pripreme biomase i pripreme smeše veziva vlaknaste strukture i vode, doziranja biomase i veziva u određenom odnosu, mešanja smeše, doziranja (punjenja alata), presovanja (oblikovanja briketa i cedenja vode), a kod mašina sa saržnim punjenjem i istiskivanja briketa i na kraju prirodnog ili prinudnog sušenja.

Ovim postupkom dobijeni su laki i srednji biobriketi, zapreminskih masa ρ_{br} = 370–502 kg/m^3.

Eksperimentalni rezultati

Nasipne zapreminske mase nusproizvoda od koštičavog voća kreću se od 972 do 1199 kg/m^3 za pelete, 420–667 kg/m^3 za brikete dobijene suvim i 370–502 kg/m^3 za brikete dobijene mokrim postupkom. Sadržaj vlage je od 6 do 14%. Detaljniji podaci ovih ispitivanja mogu se videti u lit. [3, 7, 11]. Pregled zapreminskih masa, donjih toplotnih moći i ostalih tehnoloških parametara za njihovo dobijanje kao i svojstva dobijenih peleta i briketa nalaze se u tabelama 2, 3 i 4.

Toplotna moć multipnih biobriketa izračunata je kao:

$$H_d = \sum_{i=1}^{2} H_{d_i}, \text{ MJ/kg}$$

gde je H_{di} [MJ/kg] donja toplotna moć i-te komponente koja ulazi u sastav biobriketa.

Na osnovu energetskih svojstava, vrednosti donjih toplotnih moći iz tabele 4 (Hd = 14,72 – 16,50 MJ/kg) i prema standardu [1] koji definiše kvalitet briketa, možemo zaključiti da svi briketi na bazi koštica pripadaju I klasi energetskih briketa.

Zaključak

Na bazi prikazanih rezultata eksperimentalnog istraživanja, zaključuje se da je moguća izrada peleta i briketa od koštica voća. Dobijeni peleti i biobriketi pripadaju I klasi energetskih briketa (prosečna donja toplotna moć je Hd = 15,51 MJ/kg, prosečna zapreminska masa je ρ = 488 kg/m^3).

Čista samlevena koštica nije pogodna za peletiranje i briketiranje zbog nedostatka lignoceluloznih materija, koje imaju ulogu vezivnog sredstva, pa je preporučljivo dodavanje neke druge biomase koja bi odigrala tu ulogu (npr. piljevina drveta, granjevina, slama).

Peletiranjem se dobija proizvod velike zapreminske mase (srednja zapreminska masa peleta je ρ_{sr} = 1063,33 kg/m^3), ali u nasipnom stanju, zapreminska masa peleta je mala (srednja zapreminska masa peleta je $\rho_{sr\ nas}$ = 324,67 kg/m^3), pa autori smatraju da je iz tih razloga i razloga transporta i manipulacije pogodnija primena briketa, osim kod specijalno konstruisanih ložišta kotla.

Posebna vrednost ovog istraživanja se ogleda u mogućnošću briketiranja, neusitnjene koštice, mokrim postupkom pritiscima koji ne prelaze 0,6 MPa. Ovaj podatak

posebno dolazi do izražaja kada se zna da je za briketiranje u većini slučajeva potreban pritisak od 40 MPa do 120 MPa [7, 8, 9]. Druga velika prednost je vlažnost koja nije ograničavajući tehnološki parametar, jer postupak za izradu ovih biobriketa pripada grupi „mokrih" postupaka.

Literatura

[1] ***: Jugoslovenski standard *JUS D.B9 021. 1987 „Energetski briketi od lignoceluloznog materijala – tehnički uslovi".*

[2] **Mihajlović, Emina, D. Mitić:** *Interni izveštaj Laboratorije za sagorevanje i termotehniku Fakulteta ZNR u Nišu* (Opis hidraulične ekstruzione prese), br. 218–24.05.2001.

[3] **Mihajlović, Emina, D. Mitić, Slobodanka Janković:** *Interni izveštaj Laboratorije za sagorevanje i termotehniku Fakulteta ZNR u Nišu* (Podaci tehničkih analiza koštičavog voća), br. 223–24. 09. 2001.

[4] **Mitić, D.:** *Biomase i biobriketi Srbije – potencijalna ekološka goriva,* monografija, Jugoslovensko društvo za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi – Novi Sad i Jugoslovenski savez inženjera i tehničara zaštite – Niš, Novi Sad, 1998.

[5] **Mitić, D.:** *Briketiranje biomase – Biomass Briquetting,* PTEP, časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi (radovi saopšteni na X simpozijumu „Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi – PTEP 1998") br. 3, Novi Sad, 1998, str. 67–70.

[6] **Mitić, D., A. Manoilov:** *Interni izveštaj Laboratorije za sagorevanje i termotehniku FZNR u Nišu* (Opis i osnovne karakteristike ručne laboratorijske prese), br. 01/04.12.96.

[7] **Mitić, D., Emina Mihajlović, B. Nešić:** *Biobriketi na bazi resursa sekundarnih sirovina iz poljoprivrede i prehrambene industrije,* zbornik radova I jugoslovenskog simpozijuma: „Humanizacija rada u poljoprivredi i prehrambenoj industriji", Novi Sad, mart 1999, str. 105–114.

[8] **Mitić, D., Emina Mihajlović, B. Nešić, B. Milanović, Slobodanka Janković:** *Metodologija istraživanja mogućnosti izrade raznih vrsta biobriketa,* PTEP – časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Jugoslovensko društvo za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad, 3 (1999), 1–2, str. 29–32.

[9] **Mitić, D., Emina Mihajlović, B. Nešić, B. Milanović:** *Reduction of environmental pollution by using biobriquette,* Facta universitatis, University of Niš, 1 (1998), 3, str. 41–51, UDK: 662.81, kategorisano kao originalan naučni rad.

[10] **Mitić, D., Emina Mihajlović, Slobodanka Janković:** *Interni izveštaj Laboratorije za sagorevanje i termotehniku Fakulteta ZNR u Nišu* (Dobijanje peleta od uglja Bogovina suvim postupkom po tehnologiji „CPM" – Holandija), br. 211–24.11.2001.

[11] **Mitić, D., Emina Mihajlović, Slobodanka Janković:** *Interni izveštaj Laboratorije za sagorevanje i termotehniku Fakulteta ZNR u Nišu* (Dobijanje briketa od koštica šljive, višnje i orezine), br. 224–25.09.2001.