

MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA OSTATAKA IZ PRERADE VOĆA KAO GORIVNOG MATERIJALA

POSSIBILITIES OF USING FRUIT PROCESSING RESIDUES AS BURNING MATERIAL

Dr Milan ĐEVIĆ*, mr Aleksandra DIMITRIJEVIĆ*, D, BLAŽIN**, S, BLAŽIN**

*Poljoprivredni fakultet Zemun

**Srednja poljoprivredna škola Josif Pančić, Pančevo

REZIME

Potrebe u energiji i iscrpljivanje rezervi fosilnih goriva nameću potrebu korišćenja obnovljivih izvora energije gde, u uslovima poljoprivredne proizvodnje biomasa zauzima najznačajnije mesto. Velike količine biomase iz poljoprivrede predstavljaju potencijal koji se može uspešno koristiti kao energetski izvor. U poslednje vreme se, pored primarne poljoprivredne proizvodnje kao glavnog izvora biomase, sve više razmišlja i o ostacima iz prerađivačke industrije voća kao potencijalnom kvalitetnom izvoru. Ovaj problem do sada nije posebno razmatran te je cilj ovog rada da ukaže na potencijale prerađivačke industrije kao proizvođača biomase, zatim analiza energetskog potencijala ostataka iz prerade kao gorivog materijala. U radu su analizirane koštičave i jezgraste voćne vrste kao značajan izvor biomase koja se može iskoristiti kao gorivi materijal.

Razultati ukazuju da se prosečna godišnja količina ostataka iz prerađivačke industrije voća ne može zanemariti kao potencijalni gorivi materijal. Ipak, rezultati ukazuju da se ovaj materijal ne treba koristiti samostalno ali se njegovom kombinacijom sa ugljem, dnevne količine visokokvalitetnog uglja mogu smanjiti i za 30%. Ovo je veoma važan podatak uzimajući u obzir koliko se energije u Srbiji koristi samo za zagrevanje stambenog prostora i objekata različitih namena.

Cljučne reči: voće, biomasa, prerada, koštice, ljuska, energija, gorivo.

SUMMARY

Energy demand in the world and limited sources of fossil fuels impose larger amounts of renewable energies. Agriculture production can be very important factor as a renewable energy producer concerning a large demands of biomass from primary plant production. This potential, if used in a proper way can be very important source of energy. In recent times, beside primary plant production, fruit and plant processing industry has been recognized as potential source of energy regarding residues after processing. In that sense, aim of this paper is to estimate potential of food processing industry for producing biomass that can be used as burning material. As potentially good fruit species kernel and nut fruit species were analyzed. Results show that average annual amount of residues from fruit industry, in Serbia, can not be neglected. This burning material however, can not be used as primary and only heat source. It must be combined with coal. In the case of good quality coal its daily amount could be, approximately 30% lower. This is very significant fact considering today's energy consumption in the region.

Key words: fruit, biomass, processing, pits (kernel), energy, burning material.

UVOD

Problem obezbeđenja potrebnih količina energije, po aktuelnosti i značaju, nalazi se odmah iza hrane. Od uspešnog rešenja ovog problema u velikoj meri zavisi opšti tempo ekonomskog razvoja i naučno-tehnički progres društva u celini.

Biomasa kao konkurentno gorivo može se uspešno koristiti za proizvodnju toplotne energije, u prvom redu kod potrošača malih i srednjih instalisanih snaga koji se nalaze na mestu nastajanja biomase ili u neposrednoj blizini. Njena eksploatacija može imati značajno mesto tamo gde je razvijena poljoprivredna proizvodnja, u lokalnim i regionalnim okvirima.

U brojne materijale, organskog porekla, koji se mogu upotrebiti za proizvodnju ekološkog goriva do sada su se ubrajali ostaci iz primarne poljoprivredne proizvodnje i to: slama od svih vrsta žitarica, soje i uljane repice, kukuruzovina, stabljike od suncokreta, ostaci rezidbe u voćarstvu i vinogradarstvu. Međutim, u poslednje vreme su sve zanimljiviji ostaci iz prerade voća kao potencijalnim izvorima energije. U prvom redu, misli se na koštice i ljuske voćnih vrsta. Proizvodnja i prerada voća do sada nisu bili predmet posebne pažnje sa aspekta obnovljivih izvora energije. Prednost korišćenja ovog oblika biomase se ogleda u velikim količinama i u tome što je njeno sagorevanje najekonomičnije bez prethodne pripreme - u obliku u kome nastaje. Sa

druge strane, prerađivačka industrija nema problema sa skladištenjem i odlaganjem ostataka prerade već ih može distribuirati potencijalnim korisnicima u veoma kratkom roku. Jedna od pogodnosti korišćenja ostataka iz prerađivačke industrije je i ta što se prerada voća obavlja u jesenjim i zimskom periodu kada se dobijeni materijal može koristiti kao gorivni materijal za zagrevanje objekata različitih namena. Ovo je posebno pogodno za biljnu proizvodnju u zaštićenom prostoru koja je jedan od najvećih potrošača energije u poljoprivredi, gde se uz korišćenje relativno jednostavnih postrojenja, mogu ostvariti značajne uštede energije.

Da bi se sagledao značaj ostataka iz prerađivačke industrije, kao goriva, potrebno je sagledati postojeću situaciju u poljoprivrednoj proizvodnji, ukazati na potencijalne količine, na zastupljenost voćnih vrsta od kojih se očekuje da se koriste kao gorivo i utvrditi njihov energetski potencijal.

Cilj ovog rada je da ukaže na količinu i energetski potencijal ostataka iz prerađivačke industrije, kao goriva. U tom smislu analizirana je godišnja proizvodnja koštičavog i jezgrastog voća sa ciljem utvrđivanja potencijalnih količina namenjenih prerađivačkoj industriji i, na taj način, potencijalnih količina gorivog materijala. Dobijen materijal iz prerađivačke industrije je analiziran u smislu energetskog potencijala kao materijala za gorenje. Kao krajnji rezultat dobijene su vrednosti potencijalnih količina gorivog materijala iz voćarske prerađivačke industrije.

MATERIJAL I METOD

Prilikom analize potencijalnih količina ostataka iz prerade voća korišćeni su dostupni podaci Republičkog zavoda za statistiku i Zajednice za voće i povrće dok je za određivanje energetskog potencijala ovog materijala kao gorivog obavljeno ispitivanjem na Institutu Tamiš u Pančevu. Predmet istraživanja su bile koštičave i jezgraste voćne vrste i to šljiva, trešnja, višnja, kajsija, breskva i orah. Ispitivanje je imalo za cilj utvrđivanje mogućnosti korišćenja koštica šljive kao gorivog materijala za zagrevanje prostorija Instituta. Tokom ispitivanja korišćene su koštice šljive Stenlej sa školskog imanja srednje poljoprivredne škole Josif Pančić u Pančevu. Za zagrevanje je korišćen postojeći grejni sistem na Institutu u čijem je sklopu kotlarnica sa dva člankasta kotla tipa »Vulkan Super« (slika 1). Kotao ima 32 članka izrađenih od sivog liva. Ostvareni radni pritisak bio je 1,5 bar. Kotao je projektovan tako da temperatura u unutrašnjosti ne sme preći 90°C.



Sl. 1. Izgled kotla i ventilskog sklopa
Fig. 1. Burner and valve assembly

Ubacivanje koštica obavljeno je ručno. Tokom ispitivanja mereno je vreme do postizanja radne temperature, početna temperatura vode, temperatura vode u povratnomvodu, temperatura u prostorijama Instituta i utrošene količine koštica i uglja.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Podaci o količinama ostataka iz prerade voća su nedovoljno istraženi. Njihova procena se može izvršiti utvrđivanjem prosečnih prinosa pojedinih voćnih vrsta a na osnovu bioloških karakteristika plodova, moguće je odrediti udeo nejestivih delova plodova u ukupnom prinosu i na osnovu datih vrednosti dati potencijalne raspoložive količine biomase koja se može iskoristiti. U tabeli 1 dati su prosečni prinosi karakterističnih voćnih vrsta u ovim grupama. Na osnovu prosečnih prinosa i bioloških karakteristika datih voćnih vrsta date su maksimalne prosečne potencijalne količine biomase (koštica, ljuska) koje se mogu koristiti kao obnovljivi izvori energije (tabela 2).

Tabela 1. Proizvodnja voća u Srbiji [8]
Table 1. Fruit production in Serbia

Vrsta Specie	Prosečan prinos pojedinih voćnih vrsta, 000 t Average fruit yield, 000 t					
	2002	2003	2004	2005	2006	Prosek / Average
Šljive / Plums	197,00	571,00	561,00	304,00	556,00	437,80
Trešnje / Cherries	15,70	25,70	30,80	19,80	23,30	23,06
Višnje / Sour cherries	48,90	86,20	112,30	63,90	80,50	78,36
Kajsije / Apricots	13,40	27,40	40,80	13,60	21,90	23,42
Breskve / Peaches	42,30	55,80	58,00	51,60	59,10	53,36
Orasi / Walnuts	10,20	24,90	22,20	20,60	23,80	20,34
Ukupno / Total	327,5	791,00	825,10	473,50	764,60	636,34

Jedan deo ukupne ostvarene proizvodnje se koristi u svežem stanju dok je ostatak namenjen prerađivačkoj industriji. U tabeli 2 su date potencijalne količine gorivog materijala u slučaju da se svo voće iskoristi u prerađivačke svrhe. Koštice i ljuske jezgrastog voća predstavljaju balast kako za prerađivačku industriju tako i za individualne potrošače te se može reći da vrednosti u tabeli 2 mogu biti sasvim realne ukoliko bi se na neki način organizovalo prikupljanje ovih materijala, njihovo skladištenje i distribucija potencijalnim korisnicima.

Tabela 2. Potencijalne vrednosti ostataka iz prerađivačke industrije (u slučaju da se svo voće prerađuje)

Table 2. Potential fruit processing residues from manufacturing industry

Vrsta / Specie	Potencijalni ostaci iz prerade (t) Average fruit processing residues (t)					
	2002	2003	2004	2005	2006	Prosek / Average
Šljive / Plums	1180	34260	33660	18240	33600	26268,0
Trešnje / Cherries	2198	3598	4312	2772	3262	3228,4
Višnje / Sour cherries	4401	7758	10107	5751	7245	7052,4
Kajsije / Apricots	670	1370	2040	680	1095	1171,0
Breskve / Peaches	2961	3906	4060	3612	4137	3735,2
Orasi / Walnuts	5100	12450	11100	10300	11900	10170,0
Ukupno / Total	16510	63342	65279	41355	61239	49545,0

Ipak, aktuelno tržište koštičavim voćnim vrstama pokazuje da je jedan veći deo ostvarenog prinosa namenjen prerađivačkoj industriji. Prema podacima Republičkog saveza za statistiku i Zajednice za voće i povrće (tabela 3) u Srbiji se prerada koštičavog voća odnosi na proizvodnju voćne pulpe i kaše, zatim kašaste voćne sokove, smrznuto voće, kompote i džemove.

Tabela 3. Prerada voća u Srbiji [9]
Table 3. Fruit processing in Serbia

Prerada i konzerviranje voća, t Fruit processing and conser- vation, t	2002	2003	2004	2005	2006
Voćna pulpa, pasterizovana, smrznuta, konzervirana Fruit pulp, pasterized, frozen, conserved	7517,0	6915,0	24753,0	14205,0	22938,0
Smrznuto voće / Frozen fruit	25426,0	19591,0	66008,0	37880,0	61168,0
Voćni sokovi / Fruit juices	52862,0	61570,0	140267,0	80495,0	129982,0
Džem i pekmez / Jam	845,0	481,0	12376,5	7102,5	11500,0
Kompoti / Compotes	371,0	1335,0	8251,0	4735,0	7600,0
Orah, oljušten / Walnuts without shells	14,44	13,00	41,26	24,00	38,23

Na osnovu ovih vrednosti i udela pojedinih voćnih vrsta u proizvodnji mogu se izvesti potencijalne količine ostataka iz prerade koštičavog voća. Kada se uzme u obzir njihova toplotna moć (tabela 4) može se izvesti energetski potencijal ostataka iz prerade voća, kao gorivog materijala (tabela 5).

Tabela 4. Toplotna vrednost ostataka iz prerađivačke industrije voća [12]

Table 4. Heating value data for fruit processing residues

Tip biomase Type of biomass	Toplotna moć (MJ/kg suve materije) Heating values		Približna analiza (maseni udeo %) Approximate analysis	
	Gornja / Higher	Donja / Lower	Ispariv deo / Volatile	Pepeo / Ash
Koštice višnje Cherry pits	21,75		84,20	1,00
Koštice breskve Peach pits	20,82	19,60	79,12	1,03
Koštice šljive Plum pits	21,14		58,3	0,10
Ljuska oraha Walnut shells	20,18	18,99	78,28	0,56

Tabela 5. Energetski potencijal ostataka iz prerade voća kao gorivog materijala

Table 5. Energy potential of processing residues as burning material

Tip biomase Type of biomass	Prosečna raspoloživa količina, t Average available amount, t	Energetski potencijal, GJ/god. Energy potential, GJ/year
Košnice višnje / Cherry pits	7052,40	153389,70
Košnice breskve / Peach pits	3735,20	77766,86
Košnice šljive / Plum pits	26268,00	555305,52
Košnice kajsije / Apricot pits	1171,00	24532,45
Ljuska oraha / Walnut shells	10170,00	205230,60
Ukupno / Total	48396,60	1016225,13

Dobijene vrednosti su u korelaciji i mogu se uporediti sa raspoloživim količinama iz primarne poljoprivredne proizvodnje i to ratarske i voćarsko-vinogradarske. Svakako da ratarska proizvodnja i dalje predstavlja najznačajniji izvor biomase čiji godišnji energetski potencijal iznosi oko 40 000 TJ [5] dok se iz voćarsko-vinogradarske proizvodnje putem ostataka rezidbe mogu ostvariti i godišnje količine biomase od 900 TJ [10]. Posmatrajući sva tri izvora biomase iz poljoprivredne proizvodnje dolazi se do zaključka da se godišnji energetski potencijal iz poljoprivrede od 41916 TJ ne bi smeo zanemariti.

Istraživanja sprovedena na Institutu Josif Pančić u Pančevu ukazuju na realni potencijal koštica voća kao materijala za zagrevanje objekata. Cilj je bio utvrditi kakav efekat ima korišćenje koštica kao dodatnog ogrevnog materijala na ukupnu potrošnju energije za zagrevanje, u ovom slučaju, kancelarijskog prostora. U tabeli 6 dati su osnovni parametri sistema za zagrevanje u Institutu Josif Pančić praćeni tokom više dana u martu i aprilu mesecu 2005. godine. Košnice, koje su korišćenje su bile sveže, bez ikakve prethodne pripreme.

Tabela 6. Rezultati korišćenja koštica šljive kao gorivog materijala

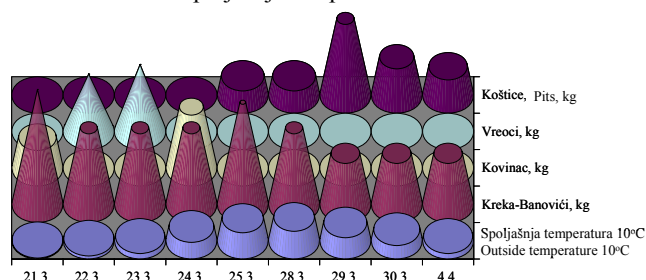
Table 6. Results from plum pits usage as burning material

Parametar Measure parameter	Jedinica Unit	Datum / Date									
		21.3.	22.3.	23.3.	24.3.	25.3.	28.3.	29.3.	30.3.	4.4.	
Spoljašnja temperatura Outside temperature	°C	0,4	1,2	2,2	6,7	10,6	11,2	8,6	5,4	2,2	
Vreme do radne temperature Time to working temperature	h	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	
Temperatura vode na izlazu Water temperature on beginning	°C	75	75	80	75	70	60	80	80	70	
Temperatura vode u povrtaku Water temperature at the end	°C	60	60	72	66	60	52	70	70	60	
Temperatura u prostorijama Temperature in the offices	°C	23	22	23	22	23	22	26	23	22	
Broj peći Number of burners		2	2	2	2	2	1	2	2	2	
Utrošeno Kreka-Banovići Coal used - Banovići	kg	540	360	360	360	480	360	240	240	240	
Utrošeno Kovinca Coal used - Kovinac	kg	144	-	-	288	-	-	-	-	-	
Utrošeno Vreoca Coal used - Vreoci	kg	-	270	315	-	-	-	-	-	-	
Utrošeno koštica Pits used	kg	-	-	-	-	90	90	360	180	135	
Ukupno utrošeno uglja Total amount of coal	kg	684	630	675	648	480	360	240	240	240	

Ono što je zapaženo tokom postupka samog ispitivanja ukazuje da se, kod loženja košticama, temperatura vode najpre povećava i za 10°C (izlazni vod), a onda polako smanjuje i dolazi na konstantni nivo. Takođe je uočeno da se košnice ne mogu

samostalno koristiti za zagrevanje već da se mogu iskoristiti kao zamena za manje kalorične kategorije uglja i za smanjenje ukupne potrošnje uglja.

Dobijene vrednosti praćenih parametara potvrđuju prethodna zapažanja. Košnice mogu u potpunosti da zamene niskokaloričan ugalj čime se značajno smanjuje ukupna potrošnja uglja. Ukoliko se posmatra količina osnovnog visokokaloričnog uglja, kada se koristi u kombinaciji sa košticama, njegova količina se može smanjiti i za 33% odnosno, ukupna količina uglja se može smanjiti i za 64%. Tom prilikom zapažena je niža temperatura vode na izlazu i nepromenjen kvalitet grejanja u prostorijama. Na slici 2 je dat grafički prikaz kretanja potrošnje uglja i koštica u odnosu na izmerene spoljašnje temperature.



Sl. 2. Potrošnja uglja i koštica u datom vremenskom periodu
Fig. 2. Coal and pits consumption for measured period

Podaci takođe ukazuju i na to da se korekcija temperature u objektima može izvršiti i samo promenom količine koštica sa konstatnom količinom uglja. Tom prilikom se može izvršiti finija regulacija sa znatno manjim količinama u poređenju sa količinama uglja koji bi se koristio za istu tu regulaciju. Na ovaj način se može potpuno predvideti godišnja potrošnja uglja i samim tim ostvariti ušteda u energiji i novcu.

ZAKLJUČAK

Dosadašnja istraživanja ukazuju da je primarna poljoprivredna proizvodnja veoma značajan izvor biomase koja se, posle neophodne pripreme, može koristiti kao gorivni materijal. Međutim, intenzivniji razvoj primarne dorade i procesovanja, posebno koštičavih voćnih vrsta ukazuje na velike količine ostataka u vidu koštica i ljuski koji predstavljaju značajan balast za prerađivačku industriju u smislu odlaganja i skladištenja. Otuda ideja da se ovaj materijal posmatra kao mogući izvor energije u smislu gorivog materijala.

Istraživanja pokazuju da se u Srbiji prerada voća iz godine u godinu razvija te se samim tim i stvaraju značajne količine ostataka iz prerade u vidu koštica i ljuski. Ispitivanja ovih materijala na gorenje ukazuju da su pogodni za gorenje ali ne kao osnovno i jedino gorivo već u kombinaciji sa drugim energentima (ugalj). Dobijeni rezultati ispitivanja gorenja koštica šljiva ukazuju na mogućnost uštede uglja, kao osnovnog energenta i do 60%. Sa druge strane, ovi materijali lako gore, ostavljaju neznatne količine pepela i veoma su pogodni za fino regulisanje temperature te se i na taj način mogu ostvariti značajne godišnje uštede kako energije tako i u novcu usled predvidive potrošnje osnovnih fosilnih energenata.

LITERATURA

- [1] Aranda-Heredia E. (1981): Recolte mecanique de la biomasse a destination energetique: le bois de taille de l'olivier, Atti Simp. Intern. Meccanizz. Agricola. Bologna.
- [2] Gigler, J. K., de Mol, M. R., Curvers, M. W. P. A. (1966): Logistics of biomass fuel collection, Proceeding of 9th European Bioenergiz Conference, Copenhagen, Denmark
- [3] Jovanović, Lj: Biomasa usvetu, Biomasa - obnovljivi izvori energije, Monografija, Biblioteka naučnoistraživačkih dostignuća, Jugoslovensko društvo termičara, str. 19-24, Beograd.
- [4] Novaković, D, Đević, M., Veličković, M: Mehanizovano sakupljanje produkata rezidbe u voćnjacima, Časopis Jugoslovensko voćarstvo, Vol. 31, Br.119-120, str. 329-333, Čačak
- [5] Novaković D, Đević, M, i sar.: Biomasa - obnovljivi izvor energije, Monografija, Jugoslovensko društvo termičara, Edicija Oka S, Jovanović Lj, str. 53-67. Beograd.
- [6] Pimentel D. (1980): Handbook of energy utilization in agriculture CRC Press. Boca Raton.
- [7] Perunović, P, Pešenjanski, I: Korišćenje biomase u energetske svrhe, Zbornik radova, Značaj i perspektiva briketiranja biomase, Ekološki pokret Vojvodine i Šumarski fakultet - Beograd, april 1996, 69-74, Vrnjačka Banja.
- [8] Đević, M, Marković, N: Energetski potencijal biomase vinograda, Poljoprivredna tehnika, XXIX, br. 2, str. 45-53.
- [9] Mičić J., Ercegović Đ., Novaković D, Đević M, Oljača V. M, Radivojević D, Božić S: Savremena poljoprivredna tehnika u biljnoj proizvodnji, Monografija, Univerzitet u Beogradu.
- [10] Kitani, O. and C. W. Hall, eds. 1989. Physical properties of biomass. Biomass Handbook, pp. 880–882. New York: Gordon and Breach.
- [11] Statistički godišnjak Republike Srbije za 2007. godinu.
- [12] Zajednica za voće i povrće Republike Srbije.

Primljeno: 01.3.2008.

Prihvaćeno: 15.3.2008.

Bibliid: 1450-5029 (2008) 12; 3; p. 114-117

UDK: 663.4

Originalni naučni rad
Original Scientific paper

TEMPERATURE AND TIME OF STORING DEPENDENCIES OF DARK BEER RHEOLOGICAL PROPERTIES

UTICAJ TEMPERATURE I VREMENA SKLADIŠTENJA NA REOLOŠKE OSOBINE TAMNOG PIVA

Peter HLAVÁČ

Department of Physics, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2,
Nitra, Slovak Republic, Peter.Hlavac.MF@uniag.sk

SUMMARY

Physical properties particularly mechanical, rheologic and thermophysical are important to know at quality valuation of food materials. Automatically controlled processes at manufacturing, at handling and holding require exact knowledge about physical quantities of materials. Rheologic properties were measured by many authors. Results from measuring of rheologic properties of dark beer are shown in this paper. Measuring was performed by digital viscosimeter Anton Paar (DV-3P) and principle of measuring by this viscosimeter is based on dependency of sample resistance against the probe rotation. Sample of dark beer was stored in special cool box in temperature 3 °C and was measured in different days during two weeks. Measurements were done after the temperature stabilization from 7 °C to laboratory temperature. Dependencies of dynamic viscosity, kinematic viscosity and fluidity on temperature and on time of storing are described. Dependency of dynamic viscosity on temperature can be described by Arrhenius equation. Temperature dependencies of dynamic and kinematic viscosity of dark beer are decreasing exponentially and in this temperature range almost linearly for all measurements. Dynamic and kinematic viscosity of sample had increased a bit with time of storing. Temperature dependencies of dark beer fluidity are increasing exponentially and in this temperature range almost linearly for all measurements. Fluidity of sample had decreased a bit with time of storing. Measured values of dynamic viscosity and calculated values of kinematic viscosity and fluidity were obtained with good precision and all drawn dependencies had very high coefficients of determination.

Key words: rheological properties, dark beer.

REZIME

U radu su prezentovani rezultati merenja reoloških osobina i to dinamičke i kinematske viskoznosti, tangencijalnog napona i fluidnost tamnog piva. Uzorci piva za analizu su dopremljeni od strane Departmana za stočarstvo i proizvodnju stočne hrane, Slovačkog poljoprivrednog univerziteta u Nitri. Skladišteni su pre početka rada na temperaturi vazduha od 3°C, a merenja su obavljena na temperaturama od 5°C do 25°C Sva merenja su rađena sa digitalnim viskozimetrom Aton Paar, tip DV-3P, a princip merenja se zasnivao na različitim brzinama rotiranja uzorka. Izborom odgovarajuće frekvencije električne struje ostvareni su obrtaji od 0,3 do 100 o/min. Trajanje merenja je bilo tri minute. Vreme skladištenja piva je bilo dve nedelje i u tom periodu su obavljena tri merenja.

Zavisnost dimaničke viskoznosti od temperature skladištenja piva data je na slici 2, i to rezultati merenja na početku, nakon nedelje dana i nakon dve nedelje skladištenja. Dobijena je linearna zavisnost ove fizičke veličine sa opadajućim trendom tako se povišava temperatura skladištenja. Na slici 3 je prezentovana zavisnost kinematske viskoznosti od temperature skladištenja, koju prezentuje eksponencijalna opadajuća kriva. Rezultati merenja promene fluidnosti (1/Pa s) od temperature skladištenja su na slici 4, a ova zavisnost je prezentovana linearno sa rastućim trendom.

Cljučne reči: reološke osobine, tamno pivo.