Nutritivna i energetska iskoristivost datulja (Phoenix dactilyfera)

Jakupec, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:067124

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Poljoprivredna tehnika - Mehanizacija

NUTRITIVNA I ENERGETSKA ISKORISTIVOST DATULJA (*Phoenix dactilyfera*)

DIPLOMSKI RAD

Valentina Jakupec

Mentor: doc. dr. sc. Ana Matin

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Valentina Jakupec**, JMBAG 0178082464, rođena dana 27.01.1992. u Virovitici, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

NUTRITIVNA I ENERGETSKA ISKORISTIVOST DATULJA (Phoenix dactilyfera)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, primjereno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada, te
- da sam upoznata s odredbama Etičkoga kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19.).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Valentine Jakupec**, JMBAG 0178082464, naslova

NUTRITIVNA I ENERGETSKA ISKORISTIVOST DATULJA (Phoenix dactilyfera)

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. doc. dr. sc. Ana Matin, mentor _____
2. doc. dr. sc. Vanja Jurišić, član _____
3. izv. prof. dr. sc. Stjepan Sito, član _____

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Ani Matin i Mateji Grubor, mag. ing. agr. na ukazanom povjerenju, strpljenju, savjetima i pomoći pri izradi diplomskog rada i na pomoći prilikom provođenja laboratorijskih pokusa.

Želim zahvaliti i članovima povjerenstva kojeg čine doc. dr. sc Vanja Jurišić i izv. prof. dr. sc. Stjepan Sito što su željeli proći sa mnom ovu priču o datuljama.

Uz to, hvala svim navedenim profesorima na svom znanju stečenom prilikom studiranja na Agronomskom fakultetu.

Veliko hvala mojoj velikoj obitelji, od onih najstarijih do najmlađih. Hvala Vam što me trpite, što ste mi bili podrška kroz ovih nekoliko godina studiranja. Veliko hvala i mom dečku Danielu što me tješio i gurao naprijed kad je bilo potrebno.

I veliko hvala kolegicama Ivi Pankretić i Martini Krajnović. Hvala Vam na pomoći kad je bilo najteže.

SAŽETAK

Datulja (lat. *Phoenix dactilyfera* L.) je jedina vrsta iz roda palmi čiji plod ima komercijalnu upotrebu. Plodovi su jestivi, a koštice služe za hranidbu stoke. Zbog visokog udjela šećera (čak do 80 %), važna je u prehrani lokalnog stanovništva u Egiptu, Alžiru, Iranu, Iraku, itd.. Zbog njezine višenamjenske upotrebe u ovom radu ispitivana su nutritivna svojstva datulje te energetska svojstva koštica datulja.

Nakon prikupljanja uzorka, za svaku sortu su određena nutritivna svojstva mesa datulja (voda, pepeo, škrob, masti) i energetska svojstva koštica datulja (voda, pepeo, koks, gornja ogrjevna vrijednost). Na uzorku koštica datulja svih sorti (Medjool, Deglet Noor, Fard, Lulu, Sag'ai, Khouri, Sellaj) proveden je pokus pirolize kako bi se odredila količina bioulja i biougljena.

Prosječan udio vode u mesu datulja iznosi 15,94 %, dok u košticama datulja iznosi 10,13 %. Prosječan udio pepela u mesu datulja iznosi 2,21 %, dok u košticama datulja iznosi 1,32 %. Prosječan udio masti u mesu datulja iznosi 2,97 %, a škroba u mesu datulja iznosi 4,38 %. Prosječan udio koksa u košticama datulja iznosi 13,95 %. Procesom pirolize koštica datulja dobiveno je 61,61 % bioulja i 22,12 % biougljena. Prosječna gornja ogrjevna vrijednost koštica datulja iznosi 17,55 MJ/kg, dok gornja ogrjevna vrijednost biougljena iznosi 31,64 MJ/kg. Udio pepela u biougljenu iznosi 4,76 %, a udio koksa u biougljenu iznosi 83,76 %. Prosječna visina koštica datulja je 23,16 mm, prosječna širina koštica datulja je 7,87 mm, a prosječna debljina koštica datulja je 6,89 mm. Sferičnost koštice datulja iznosi 47 %.

KLJUČNE RIJEČI: datulja, meso datulja, koštice datulja, nutritivna svojstva, energetska svojstva.

SUMMARY

Date palm (lat. *Phoenix dactilyfera* L.) is only species from palm family whose fruit has commercial use. The fruit is edible, and the seeds are used for cattle feeding. Because of its high sugar content (up to 80 %), it is important in nutrition of local population in Egypt, Algeria, Iran, Iraq, etc. Due to its multipurpose use, the nutritional properties of the date palm and the energy properties of the date palm seed were studied in this paper.

After sample collection, for each variety were determined nutritive properties of flesh of date palm (water, ash, starch, fats) and energy properties of the date palm seed (water, ash, coke, top calorific value). A pyrolysis experiment was carried out on the sample of the seeds from all varieties (Medjool, Deglet Noor, Fard, Lulu, Sag'ai, Khouri, Sellaj) to determine the amount of bio-oil and bio-coal.

The average portion of water in flesh of date palm is 15,94 %, while in date palm seed is 10,13 %. The average portion of ash in flesh of date palm is 2,21 %, while in date palm seed is 1,32 %. The average portion of fats in flesh of date palm is 2,97 %, and starch in flesh of date palm is 4,38 %. The average portion of coke in date palm seed is 13,95 %. By the pyrolysis process, date palm seed yielded 61,61 % of bio-oil, and 22,12 % of bio-coal. The average top calorific value of date palm seed is 17,55 MJ/kg, while top calorific value of bio-coal is 31,64 MJ/kg. The portion of ash in bio-coal is 4,76 %, and portion of coke in bio-coal is 83,76 %. The average height of date palm seed is 23,16 mm, the average width of date palm seed is 7,87 mm, and average thickness of date palm seed is 6,89 mm. The sphericality of date palm seed is 47 %.

KEY WORDS: date palm, date palm flesh, date palm seed, nutritional properties, energy properties.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. CILJ DIPLOMSKOG RADA 4

3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA 5

3.1. KORIJEN 5

3.2. STABLO 6

3.3. LIST 6

3.4. CVIJET 7

3.5. PLOD 8

3.5.1. Sorte datulja 8

4. AGROEKOLOŠKI UVJETI 10

4.1. TEMPERATURA 10

4.2. TLO 10

4.3. VODA 10

5. BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE 11

5.1. GORIVE TVARI 11

5.2. NEGORIVE TVARI 12

5.3. OGRJEVNA VRIJEDNOST 13

6. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA 14

6.1. ODREĐIVANJE DIMENZIJA KOŠTICA DATULJA 15

6.2. ODREĐIVANJE SFERIČNOSTI KOŠTICA DATULJA 15

6.3. UTVRĐIVANJE SADRŽAJA VODE 16

6.4. UTVRĐIVANJE SADRŽAJA PEPELA 17

6.5. UTVRĐIVANJE SADRŽAJA MASTI 18

6.6. ODREĐIVANJE UDJELA ŠKROBA 19

6.7. ODREĐIVANJE UDJELA KOKSA 21

6.8. ODREĐIVANJE UDJELA FIKSIRANOG UGLJIKA 22

6.9. ODREĐIVANJE UDJELA HLAPIVE TVARI 22
6.10. ODREĐIVANJE GORNJE OGRJEVNE VRIJEDNOSTI 22
6.11. ODREĐIVANJE SADRŽAJA BIOUGLJENA I BIOULJA PIROLIZOM 23
7. REZULTATI I RASPRAVA 24
7.1. UTVRĐIVANJE NUTRITIVNE ISKORISTIVOSTI 24
7.1.1. Sadržaj vode u mesu datulja 24
7.1.2. Sadržaj pepela u mesu datulja 25
7.1.3. Sadržaj masti u mesu datulja 26
7.1.4. Sadržaj škroba u mesu datulja 27
7.2. UTVRĐIVANJE FIZIKALNIH SVOJSTAVA 28
7.2.1. Dimenzije koštica datulja 28
7.2.2. Sferičnost koštica datulja 28
7.3. REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE KOŠTICA DATULJA 28
7.4. REZULTATI PIROLIZE 30
7.4.1. Rezultati analize dobivenog biougljena 30
8. ZAKLJUČAK 31
9. LITERATURA 32
10. ŽIVOTOPIS 35

1. UVOD

Datulja (lat. *Phoenix dactilyfera* L.) je jedina vrsta iz roda palmi čiji proizvodi imaju komercijalnu upotrebu. Plodovi se koriste za prehranu ljudi, a koštice se mogu koristiti za hranidbu životinja.

Datulje se uzgajaju (tablica 1.1.) u sjevernoj Africi i na Bliskom Istoku već gotovo 5000 godina i jedno su od starijih voćnih vrsta koje se uzgajaju (Zohary i Hopf, 2000). Najstariji zapisi pokazuju da su se datulje uzgajale na području Iraka (Mezopotamija) oko 3000 godina pr. Kr. (Chao i Krueger, 2007).

Tablica 1.1. Ukupna proizvodnja datulja u svijetu

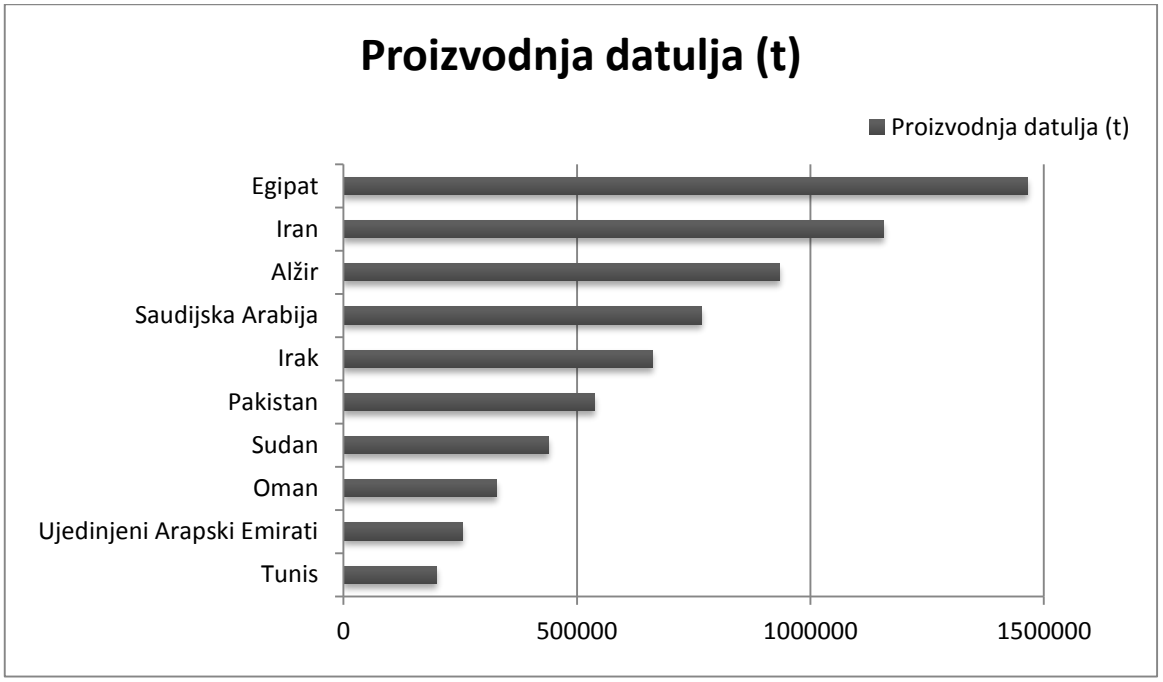
(Izvor: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize)

GODINA	UKUPNO PROIZVEDENO (t)	UKUPNA POVRŠINA (ha)	PRINOS (t/ha)
2004.	6 624 058	1 109 617	5,97
2005.	6 546 506	1 122 860	5,83
2006.	6 708 375	1 193 487	5,62
2007.	6 885 326	1 166 712	5,90
2008.	7 066 996	1 143 843	6,18
2009.	7 221 622	1 159 042	6,23
2010.	7 570 181	1 230 476	6,15
2011.	7 196 971	1 057 437	6,81
2012.	7 367 313	1 074 287	6,86
2013.	7 590 047	1 120 693	6,77
2014.	7 600 315	1 127 404	6,74

U tablici 1.1. prikazana je ukupna svjetska proizvodnja datulje u tonama, površina s koje su datulje ubrane i prinos iskazan u t/ha. Iz tablice je vidljivo kako je u 2014. godini proizvedena najveća količina datulja, 7 600 315 tona, dok je u 2005. godini zabilježen najmanji urod u ispitivanom periodu te iznosi 6 546 506 tona.

2010. godine ukupna površina s koje su datulje ubrane iznosila je 1 230 476 ha, odnosno godina s najvećom površinom u istraživanom periodu. Godina u kojoj je površina s koje su datulje ubrane najmanja je 2004. godine te iznosi 1 109 617 ha.

Između 2010. i 2011. je prinos narastao s 6,15 t/ha na 6,81 t/ha. Najmanji prinos je bio 2007. godine i iznosio je 5,90 t/ha. Najveći prinos u istraživanom periodu bio je 2012. godine i iznosio je 6,86 t/ha (dijagram 1.1.).



Dijagram 1.1. Proizvodnja datulje iskazane u tonama

(Izvor: www.fao.org)

U dijagramu 1.1. je prikazano 10 najvećih zemalja proizvođača datulja i njihov urod iskazan u tonama (t). Najveći proizvođač datulja u 2014. godini je Egipat s ukupnom proizvodnjom od 1 465 030 t.

Plod datulje se može upotrijebiti na različite načine u prehrani: dodatak žitaricama, puding, kruh, dodatak kolačima, sladoled, itd.. Isto tako, datulja se može koristiti i za sokove, ocat, vino, pivo, razni sirupi, med (Barreveld, 1993; Glasner i sur., 2002).

Koštica, kao i suho lišće stabla datulje te peteljka lista, se može koristiti kao biomasa. Pod pojmom biomase podrazumijevaju se sve biorazgradive tvari biljnog i životinjskog porijekla, dobivene od ostatka poljoprivredne i šumske industrije. Biomasa, kao i njeni produkti, su dovoljno slični krutim i nakon prerade tekućim fosilnim gorivima te je moguća njihova izravna zamjena (Krička i sur., 2007).

Ogrjevna vrijednost lista datulje iznosi 17,9 MJ/kg, peteljke lista 10,9 MJ/kg, a koštice datulje 18,97 MJ/kg. Peteljka lista ima manju ogrjevnu vrijednost zbog visoke vlažnosti (Sait i sur., 2012).

U svojim istraživanjima, Sait i suradnici (2012) su također ispitivali i tvrdoću koštica, lišća i peteljki stabljike datulja i utvrdili tvrdoću koštice 560 kg/m^3, tvrdoću lista 298 kg/m^3 i tvrdoću peteljke lista 216 kg/m^3.

Niska tvrdoća materijala nije povoljna karakteristika materijala za biomasu. Niska tvrdoća je pokazatelj niske gustoće energije te visokih troškova pri transportu i skladištenju (Obernberger i Thek, 2004).

Upravo zbog visoke ogrjevne vrijednosti i visoke gustoće, koštice datulja su pogodne za izvor biomase.

Nizak udio pepela, visok udio koksa te mala količina vlage u košticama, što je istraživano u radu, isto tako je pokazatelj kako je koštica pogodan izvor biomase.

2. CILJ DIPLOMSKOG RADA

Cilj ovog diplomskog rada je:

- Utvrditi nutritivnu iskoristivost mesa datulja sorata Deglet Noor, Medjool, Fard, Lulu, Sag'ai, Khouri, Sellaj i to preko sadržaja:
    - vode,
    - pepela,
    - masti
    - škroba.
- Utvrditi fizikalna svojstva koštica.
- Utvrditi energetsku iskoristivost koštica navedenih sedam vrsti datulja i to na temelju sadržaja :
    - vode,
    - pepela,
    - koksa,
    - gornje ogrjevne vrijednost.
- Provesti postupak pirolize na uzorku koštica.

3. MORFOLOŠKA SVOJSTVA

3.1. KORIJEN

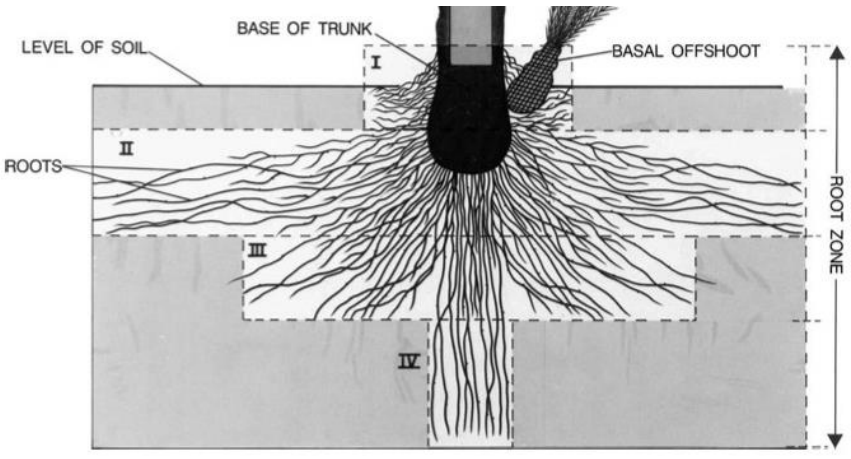
Budući da je jednosupnica, datulja nema glavni korijen, ali se četiri zone korijenovog sustava mogu razlikovati (slika 3.1.1.).

Prva zona korijenovog sustava se razvija iz sjemenke. Kod odrasle biljke se nastavlja iz debla. Ne ide dublje od 25 cm u dubinu i ima ulogu u respiratornom sustavu (Barreveld, 1993). Prosječna duljina korijenja ove zone je 4 do 10 metara (Arias – Jiménez, 2002).

Druga zona je najveća i u njoj se nalazi najviše primarnih i sekundarnih korijenja. Kod stabla starog jedne godine dosežu 1 metar u dubinu, a kod stabla starog dvije godine dosežu i do 3 metra u dubinu. Korijenje u ovoj zoni je najodgovornije za prikupljanje hranjivih tvari (Arias – Jiménez, 2002).

Treća zona se obično nalazi na dubini od 1,5 do 1,8 metara (Arias – Jiménez, 2002). Razvoj korijenja u treću zonu ovisi o dostupnosti hranjivih tvari u višim zonama. Ako u višim zonama nema dovoljno hranjivih tvari, korijeni druge zone će se protezati u treću zonu (Barreveld, 1993).

Četvrta zona se proteže oko 2 metra ispod razine zemlje. Korijenje u ovoj zoni služi za upijanje vode i razvija se s jakim geotropizmom ako u višim zona nema dovoljne količine vode (Barreveld, 1993).



Slika 3.1.1. Prikaz zona korijenovog sustava

(Izvor: http://www.talmudology.com/jeremybrownmdgmailcom/2017/2/16/bava-basra-27b-the-roots-of-a-palm-tree)

3.2. STABLO

Stablo datulje (slika 3.2.1.) može doseći visinu 30 – 35 metara. Od dna prema vrhu, stablo je prekriveno drvenastim bazama listova koje prethodno izraslo i otpalo (Morton, 1987). Promjer stabla se ne povećava nakon što se krošnja razvije u potpunosti (Arias – Jiménez, 2002).



Slika 3.2.1. Stablo datulje

(Izvor: http://www.flnurserymart.com/products/trees-palms/medjool-date-palm/)

3.3. LIST

Listovi su perastog oblika, dugi 3 do 6 metara i životni vijek im je 3 do 7 godina (slika 3.3.1.) (Arias – Jiménez, 2002).



Slika 3.3.1. Listovi datulje

(Izvor: https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/phoenix_dactylifera.htm)

3.4. CVIJET

Stablo datulje nosi muške ili ženske cvjetove, ugodnog mirisa. Ženski cvjetovi su bijeli, a muški (slika 3.4.1.) svijetlo smeđe boje. Cvjetovi su smješteni u cvat, a jedan cvat može imati 6000 do 10000 cvjetova. Jedno stablo koje nosi muški cvijet je dovoljan da opraši 48 do 50 stabala koji nose ženski cvijet (Morton, 1987).



Slika 3.4.1. Muški cvat datulje

(Izvor: https://toptropicals.com/cgi-bin/garden_catalog/cat.cgi?uid=Phoenix_dactylifera&comments=1)

3.5. PLOD

Plod datulje je smeđe boje, duguljast, a dug je od 2,5 do 7,5 cm (slika 3.5.1.). U plodu se nalazi izdužena, tvrda sjemenka (Morton, 1987).



Slika 3.5.1. Plod datulje sorte Deglet Noor

(Izvor: https://www.123rf.com/stock-photo/deglet_noor_date.html)

Tri su stadija zrenja (Arias – Jiménez, 2002):

- Khalal: fiziološki zreli plod, sadrži 50 do 85 % vlage, svijetlo žute ili crvene je boje, lako pokvarljiv plod,
- Rutab: djelomično zasušen, sadrži 30 do 45 % vlage, pokvarljiv plod,
- Tamr: sadržaj vlage ispod 25 %, jantarne do tamno smeđe boje, ovakav plod se može čuvati dulje vrijeme.

Reuveni (1986) navodi Kimri stadij zrenja. Kimri stadij je prije Khalala. Plodovi u tom stadiju brzo rastu i dobivaju na težini i boja ploda je zelena.

Kvaliteta ploda se određuje bojom, veličinom, teksturom, količinom oštećenja ploda (opekline od sunca, oštećenja od insekata, fermentacija) i propadanje plodova koje uzrokuju patogeni (Chao i Krueger, 2007).

3.5.1. Sorte datulja

Sorte datulja mogu se svrstati u tri skupine, „mekane“, „polusuhe“ i „suhe“. Ova podjela ovisi o vremenu branja plodova i o sadržaju vode (Chao i Krueger, 2007).

Sorte datulja se razlikuju po veličini ploda. Veličina ploda varira od 2,80 cm kod sorte Aglany, do 5,92 cm kod sorte Zaghloul (Mansour, 2005).

Isto tako, sorte datulja se mogu razlikovati i po boji ploda. Boja ploda kod sorte Aglany je svijetlo žuta, boja ploda kod sorte Samany je žuta s crvenim točkicama, boja ploda kod sorte Amry je narančasta, boja ploda kod sorte Zaghloul je svijetlo crvena, dok je kod sorata Hayany i Bent – Aisha boja ploda crveno-grimizna (Mansour, 2005).

4. AGROEKOLOŠKI UVJETI

4.1. TEMPERATURA

Stablo datulje zahtjeva puno sunčeve svjetlosti. U fazi mirovanja može podnijeti temperature do -6 ˚C, dok u fazi cvjetanja temperatura zraka se ne smije spustiti ispod 17 ˚C. U fazi sazrijevanja datuljama odgovaraju temperature do 33 ˚C. U tom periodu nisu poželjne oborine zbog boljeg sazrijevanja ploda (Morton, 1987).

4.2. TLO

Stablu datulje najbolje odgovaraju pjeskovita tla, ilovača, glinasta i ostala teška tla. Važno je da je tlo dobro drenirano i da ima dobar vodozračni kapacitet. Podnosi lužnata i umjereno slana tla (Morton, 1987).

4.3. VODA

Datulje podnose vrijeme suše, a upravo i sušna razdoblja najbolje odgovaraju datulji u fazi zrenja. Mladim stablima datulje je potrebna velika količina vode u tlu zbog razvoja korijena (slika 4.3.1.) (Morton, 1987).



Slika 4.3.1. Nasad mladih datulja

(Izvor: http://www.dateland.com/how-are-dates-grown/)

5. BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE

Biomasa predstavlja četvrti najveći izvor energije nakon nafte, plina i ugljena te se od nje proizvodi oko 14 % ukupne potrebe za energijom godišnje s tendencijom rasta u razvijenim zemljama (García i sur., 2012).

Prerađena ili dorađena biomasa predstavlja biogoriva u krutom (npr. sječka, peleti, briketi, bale), tekućem (npr. biodizel, bioetanol, biometanol, ETBE) i plinovitom stanju (npr. bioplin, deponijski plin, plin iz rasplinjavanja biomase) (Bilandžija, 2014).

Neke od prednosti biomase kao goriva su (García i sur., 2012):

- biomasa se može smatrati CO_2 neutralnom,
- u sastavu biomase su niska razina sumpora i dušika te se na taj način smanjuje emisija štetnih sumpornih i dušičnih oksida,
- biomasa i biološki otpad su neovisni izvori goriva, poboljšava trgovinsku ravnotežu zemlje i ekonomsku održivost,
- drvna industrija proizvodi velike količine otpada koji nema daljnju upotrebu, samim time je biomasa ekonomski kompetitivnija s fosilnim izvorima energije,
- proizvodnja biomase potiče zapošljavanje, izvor je dodatne zarade u poljoprivredi, šumarstvu i drvnoj industriji.

Nedostatci korištenja biomase kao goriva (Geršić, 2016):

- periodičnost nastajanja kod određenih tipova biomase,
- nepovoljni kemijski sastav može uzrokovati probleme tijekom energetskog iskorištenja,
- velike količine nastale biomase često su povezane s problemima transporta, manipulacije i skladištenja proizvedenih količina.

Biomasu karakteriziraju gorive i negorive tvari te ogrjevna vrijednost koje su objašnjene u nastavku.

5.1. GORIVE TVARI

Gorive tvari su one tvari koje pri izgaranju razvijaju određenu količinu topline, odnosno tvari koje, dovedene na temperaturu zapaljenja, uz prisustvo kisika iz zraka i uz stvaranje plamena

ili žara, prelaze u plinovite spojeve i nesagorive ostatke. Gorive tvari se sastoje od tvari (suha tvar i hlapiva tvar) i elemenata (ugljik, vodik, kisik, sumpor) (Geršić, 2016).

- Suha tvar se definira kao jedan od važnijih parametara tijekom određivanja kvalitete biomase. Udio suhe tvari u biomasi varira od 20 % do 97 %. Viši udio suhe tvari, odnosno niži udio vode, poboljšava kvalitetu biomase tijekom procesa izravnog izgaranja (Geršić, 2016).
- Sadržaj hlapivih tvari u gorivu se smanjuje smanjivanjem sadržaja kisika (Lakić, 2016).
- Ugljik (C) je osnovni i najvažniji gorivi element svih vrsta goriva. Toplinska vrijednost biomase raste s povećanjem ugljika. Ugljik izgaranjem prelazi u CO_2 te se tako vraća u prirodu i proces se ponavlja (Lakić, 2016).
- Kisik (O) sadrže gotovo sve vrste goriva. Veže na sebe dio gorivih elemenata (ugljik, vodik) i tako smanjuje toplinsku vrijednost goriva. Zbog toga se smatra nepoželjnim elementom u biomasi. Kisik ne gori, ali podržava gorenje (Lakić, 2016).
- Vodik (H) povećava toplinsku vrijednost goriva te izgara uz stvaranje vidljivog plamena. Najveći postotak vodika imaju tekuća goriva i plinovi, dok kruta goriva imaju niži postotak vodika (Lakić, 2016).
- Sumpor (S) se u gorivu dijeli na koristan (gorivi) i ne koristan (negorivi) sumpor. Gorivi sumpor, zajedno s kisikom i ugljikom, stvara sumporni dioksid i nešto topline. Važnost prihvatljivog udjela sumpora, osim kroz smanjenje emisije štetnih plinova, očituje se i u procesima tijekom stvaranja korozije na ložištima na biomasu (Geršić, 2016).

5.2. NEGORIVE TVARI

Negorive tvari su one tvari koje se u normalnim uvjetima neće zapaliti, ni kad su izložene djelovanju povišene temperature. Naročito su izražene kod krutih goriva, manje kod tekućih te minimalno kod plinovitih goriva. U negorive tvari ubrajamo dušik, pepeo, fiksirani ugljik i koks (Geršić, 2016).

- Dušik (N) ne razvija toplinu, ne sudjeluje u procesu izgaranja, pa zbog toga smanjuje toplinsku vrijednost goriva kao i kisik (Lakić, 2016).

- Pepeo je sastojak biomase, a čine ga nesagorive čestice. Pepeo uglavnom čine složeni spojevi aluminijevih i silicijevih oksida, sulfata i karbonata. Količinom pepela se određuje kvaliteta goriva. Što je manji udio pepela, gorivo je kvalitetnije (Lakić, 2016).
- Fiksirani ugljik (Cfix) je kruti ostatak koji ostane nakon zagrijavanja ostataka i isparavanja hlapivih komponenti. On predstavlja količinu fotosintezom vezanog ugljika u biomasi (Geršić, 2016).
- Koks je ostatak suhe destilacije. Gorivo je kvalitetnije ako ima veći udio koksa (Lakić, 2016).

5.3. OGRJEVNA VRIJEDNOST

Ogrjevna vrijednost goriva izražava količinu energije koja se otpušta tijekom potpunog izgaranja jedinice mase goriva. Izražava se u J (*Joule*) na jedinicu mase (J/kg, MJ/kg), a pod utjecajem je vlažnosti, kemijskog sastava i gustoće energenata. Ogrjevne vrijednosti su osnovni parametri za proračun energije i potencijala biomase, kao i temeljni parametar za klasifikaciju kvalitete samog energenta. Razlikujemo gornju i donju ogrjevnu vrijednost (Geršić, 2016).

- Gornja ogrjevna vrijednost (H_g) je toplina oslobođena pri izgaranju goriva, nakon čega se dodatno iskorištava toplina kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova, odnosno to je najveća moguća energija koja se može dobiti izgaranjem nekog goriva (Geršić, 2016).
- Donja ogrjevna vrijednost (H_d) je toplina oslobođena procesom izgaranja goriva, bez dodatnog iskorištavanja topline kondenzacijske vodene pare. Donja ogrjevna vrijednost je uvijek manja od gornje (Geršić, 2016).

6. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje za izradu ovog diplomskog rada provodilo se na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport. Istraživano je sedam sorti datulja: Medjool, Deglet Noor, Fard, Lulu, Sag'ai, Khouri, Sellaj kojima porijeklo datira iz različitih zemalja.

Zemlje porijekla datulja su:

- Medjool: Maroko, Saudijska Arabija, Izrael, Jordan, Palestina,
- Deglet Noor: Tunis, Libija, Alžir,
- Fard: Oman,
- Lulu: Ujedinjeni Arapski Emirati,
- Sag'ai: Saudijska Arabija,
- Khouri: Saudijska Arabija,
- Sellaj: Saudijska Arabija.

Istraživanje se provodilo na uzorcima u stanju kakvi su dostupni na tržištu. Meso datulja je bilo usitnjeno nožem, a koštice su usitnjene laboratorijskim mlinom (slika 6.1.).



Slika 6.1. Laboratorijski mlin

(Izvor: vlastita fotografija)

6.1. ODREĐIVANJE DIMENZIJA KOŠTICA DATULJA

Osnovne dimenzije (dužina, širina i debljina) nasumično izabranim uzorcima koštica sorte Deglet Noor određene su pomičnim mjerilom Digital Caliper 0-150 mm (slika 6.1.1.). Dimenzije su uzimane u 30 ponavljanja.



Slika 6.1.1. Digitalno mjerilo Digital Caliper 0-150 mm

(Izvor: vlastita fotografija)

6.2. ODREĐIVANJE SFERIČNOSTI KOŠTICA DATULJA

Koeficijent sferičnosti pokazuje bliskost nekog tijela kugli, a određuje ga se prema izrazu Mohsenina (1970) i Stroshinea i sur. (1987) koja glasi:

$$\Phi = \frac{\left[\left(\frac{\pi}{6}\right) abc\right]^{\frac{1}{3}}}{\left[\left(\frac{\pi}{6}\right) a^3\right]} = \left(\frac{bc}{a^2}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{(abc)^{\frac{1}{3}}}{a}$$

gdje su:

Φ – sferičnost ploda (%)

a – duljina ploda – najveći promjer (promjer pisane kružnice) (mm)

b – širina ploda – srednji promjer (promjer upisane kružnice) (mm)

c – debljina ploda – najmanji promjer (mm).

6.3. UTVRĐIVANJE SADRŽAJA VODE

Utvrđivanje vode u mesu i košticama datulja provodi se prema protokolu (CEN/TS 14774-2:2009) u laboratorijskoj sušnici. Vlaga (voda) se određuje metodom sušenja u sušnici na 105 ˚C (±2 ˚C) tijekom 4 sata ili do konstantne mase kada se pretpostavlja da uzorak osim ne sadrži nikakve druge hlapive sastojke ili produkte koji bi mogli izazvati promjenu mase istraživanog uzorka. Sušenje uzoraka provedeno je u laboratorijskoj sušnici (INKO ST-40, Hrvatska) s mogućnošću regulacije temperature od 40 – 240 ˚C (slika 6.3.1.). Točnost mjerenja je ±0,1 ˚C, a volumen radnog prostora je 20 L.



Slika 6.3.1. Laboratorijska sušnica

(Izvor: vlastita fotografija)

Nakon odvage praznih posudica stavi se uzorak u njih i opet se važe. Napola poklopljene posudice stavimo sušiti na 105 ˚C tijekom 4 sata. Količina vlage računa se na osnovu razlike mase prije i poslije sušenja i to uzorka poznate mase prema formuli:

$$W1 = \frac{(B - C)}{B - A} * 100\ (\%)$$

gdje je:

w1 = udio vlage (%)

A = odvaga prazne posudice (g)

B = odvaga prazne posudice + uzorak prije sušenja (g)

C = odvaga prazne posudice + uzorak nakon sušenja (g).

6.4. UTVRĐIVANJE SADRŽAJA PEPELA

Utvrđivanje sadržaja pepela se provodi prema protokolu (CEN/TS 15148:2009) u muflonskoj pećnici Naberthem Controller B170 (Lilienthal, Njemačka) (slika 6.4.1.). Izvodi se na visokim temperaturama od 500 – 600 ˚C u trajanju od 5 i pol sati, ovisno o uzorku. Sastoji se od spaljivanja uzorka poznate mase i mjerenja njenog ostatka (slika 6.4.2.).



Slika 6.4.1. Mufolna pećnica za pepeo i koks

(Izvor: vlastita fotografija)



Slika 6.4.2. Pepeo od mesa datulja

(Izvor: vlastita fotografija)

6.5. UTVRĐIVANJE SADRŽAJA MASTI

Utvrđivanje sadržaja masti se provodi prema protokolu (HRN ISO 6492:2001). Osnova ove metode je ekstrakcija sirovih masti pomoću organskog otapala petroletera. Sadržaj masti određen je na ekstraktoru Soxhlet R 304 (Behr Labortechnik GmbH, Njemačka) (slika 6.5.1.). Ekstrakcija traje 6 sati.



Slika 6.5.1. Soxhlet ekstraktor za određivanje masti

(Izvor: vlastita fotografija)

Količina masti određuje se prema slijedećoj formuli:

$$\%\ Masti = \frac{(m1 - m0)}{m\ uzorka} * 100$$

gdje je:

m1 = masa tikvice nakon ekstrakcije (g),

m0 = masa tikvice prije ekstrakcije (g),

m uzorka = masa uzorka u tuljcu (g).

6.6. ODREĐIVANJE UDJELA ŠKROBA

Za određivanje sadržaja škroba u uzorcima primjenjuje se polarimetrijska metoda po Ewersu (HRN ISO 6493:2001) na polarimetru (KRÜSS, P3001, Njemačka) (slika 6.6.1.).



Slika 6.6.1. Polarimetar

(Izvor: vlastita fotografija)

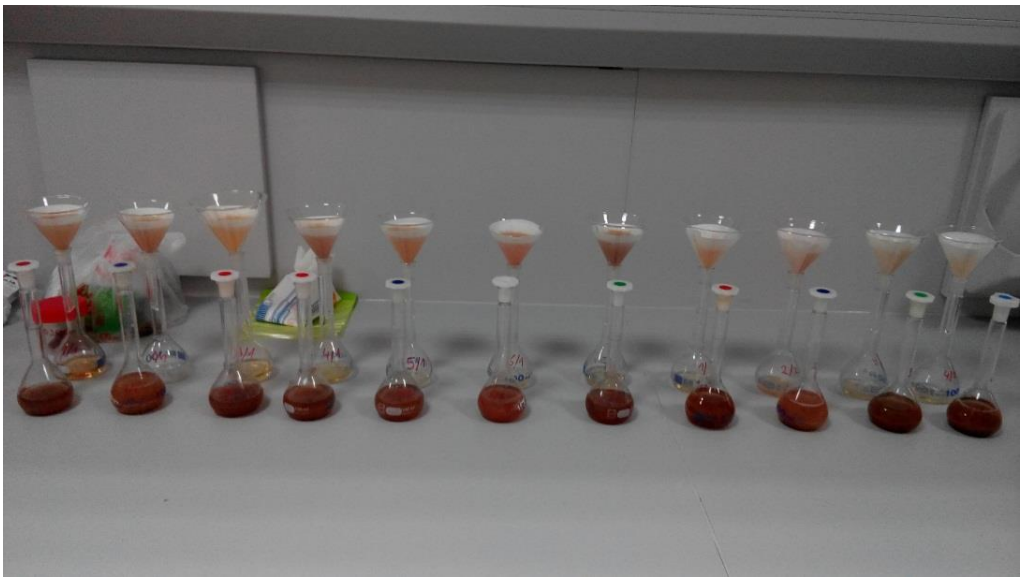
Škrob pokazuje visoku optičku aktivnost te se na osnovi toga može odrediti i polarimetrijski, nakon što se prethodno prevede u topljivo stanje hidrolizom s kiselinom. U čašu od 100 ml se odvagne oko 5 g uzorka (±0,01), a zatim se uzorak na suho prenese preko staklenog lijevka u odmjernu tikvicu od 100 ml, a čaša i lijevak se isperu sa 50 ml 1,124% HCl. Tikvica se, uz lagano mućkanje, drži 15 minuta u kipućoj vodenoj kupelji na temperaturi od 95 ˚C (slika 6.6.2.).



Slika 6.6.2. Uzorak za određivanje škroba u vodenoj kupelji

(Izvor: vlastita fotografija)

Nakon 15 minuta tikvica se izvadi iz vodene kupelji i doda se 20 ml hladne vode. Sadržaj tikvice se potom ohladi na temperaturu 20 ˚C uz pomoć mlaza vodovodne vode. Nakon toga se u tikvicu doda 10 ml 4 %-tne fosfo-volframske kiseline da bi se istaložile otopljene bjelančevine. Tikvica se nadopuni vodom te ostavi nekoliko minuta da se sadržaj slegne i profiltrita kroz filter papir (slika 6.6.3.). S bistrim filtratom napuni se polarizacijska cijev i polarimetrira.



Slika 6.6.3. Uzorak pripremljen za očitanje škroba

(Izvor: vlastita fotografija)

Sadržaj ukupnog škroba određen je prema formuli:

$$\%škroba = \frac{100 * \alpha * 100}{[\alpha]20\ D * l * m}$$

gdje je:

α – očitani kut skretanja,

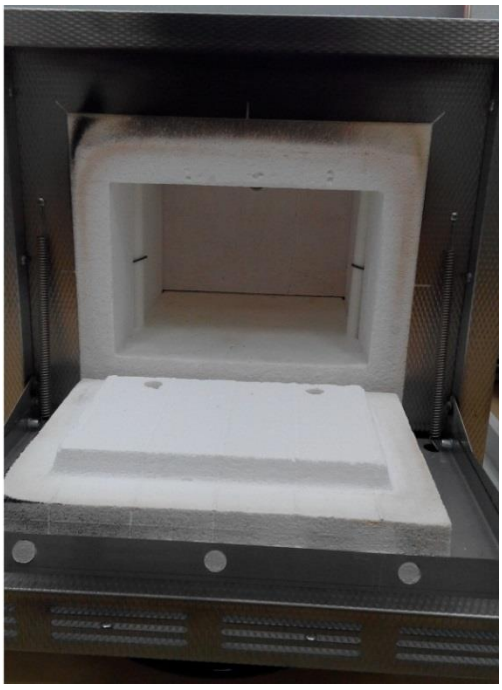
[α] 20 D – specifični kut skretanja škroba,

l – dužina polarizacijske cijevi,

m – masa uzorka (g).

6.7. ODREĐIVANJE UDJELA KOKSA

Određivanje udjela koksa provodi se prema protokolu (CEN/TS 15148:2009). Udio koksa određuje se izgaranjem uzorka poznate mase u mufolnoj pećnici Nabertherm Controller B170 (Lilienthal, Njemačka) (slika 6.7.1.) na 900 ˚C, gdje se uzorak spaljuje 5 minuta (6.7.2.). Dobivena razlika u masi prije i nakon spaljivanja je koks.



Slika 6.7.1. Mufolna pećnica

(Izvor: vlastita fotografija)

6.8. ODREĐIVANJE UDJELA FIKSIRANOG UGLJIKA

Određivanje udjela fiksiranog ugljika provodi se prema protokolu (CEN/TS 15148:2005). Fiksirani ugljik predstavlja količinu vezanog ugljika pomoću fotosinteze u biomasu. Izgaranjem biomase CO_2 se vraća u atmosferu i proces se ponavlja. Količinu fiksiranog ugljika dobivamo prema izračunu:

Fiksirani ugljik (%) = koks (%) – pepeo (%).

6.9. ODREĐIVANJE UDJELA HLAPIVE TVARI

Određivanje udjela hlapive tvari provodi se prema protokolu (CEN/TS 15148:2005). Hlapive tvari su tvari koje sagorijevanjem ne daju toplinsku energiju. Udio hlapivih tvari dobivamo prema izračunu:

Hlapiva tvar (%) = goriva tvar (%) – fiksirani ugljik (%).

6.10. ODREĐIVANJE GORNJE OGRJEVNE VRIJEDNOSTI

Gornja ogrjevna vrijednost određuje se prema metodi ISO (HRN EN 14918:2010) u adijabatskom kalorimetru (slika 6.8.1.) (IKA C200 Analysentechnik GmbH, Njemačka). Rad kalorimetra zasniva se na tome da se toplinska energija, koja se oslobađa kod izgaranja uzorka unutar kalorimetrijske bombe, utroši na povećanje kalorimetrijske vode i kalorimetrijske bombe. Princip rada bombe kalorimetra je adijabatski što znači da je kalorimetrijski sustav uronjen u vanjsku vodenu kupelj, a izmijenjena toplina jednaka je ΔU jer je volumen kalorimetrijske bombe konstantan. Optimalna temperatura kod koje se uzorak spaljuje je između 21 i 25 ˚C. U praznu posudicu odvaže se 0,5 – 2 g uzorka, a zatim se posudica s uzorkom položi u kalorimetrijsku bombu, a žarna nit se prethodno poveže s uzorkom pomoću pamučnog končića. Kalorimetrijska bomba se zatim zatvori te se na punjaču u nju upuše kisik pod tlakom od 30 bara. Zatim se ulije oko 2 litre vodovodne vode u spremnik za vodu pri čemu njena temperatura mora biti između 23 – 26 ˚C, te je potrebno obratiti pažnju na indikator razine. Zatim se bomba stavi u kalorimetar, na način da se smjesti na dno, između tri pipca. Proces traje oko 8 minuta, tijekom kojeg se sva oslobođena toplina prenosi na vodu koja se nalazi unutar kalorimetrijskog sustava. Na zaslonu kalorimetra pročita se podatak o gornjoj ogrjevnoj vrijednosti u MJ/kg.



Slika 6.8.1. Kalorimetar

(Izvor: vlastita fotografija)

6.11. ODREĐIVANJE SADRŽAJA BIOUGLJENA I BIOULJA PIROLIZOM

Proces pirolize odvija se na temperaturi od 300 – 500 ˚C do prestanka izgaranja organske tvari. Za pirolizu se koristi osnovna laboratorijska oprema: kiveta s uzorkom, Leibigovo hladilo, lijevak za odjeljivanje te Bunsenov plinski plamenik (slika 6.9.1.). Organska tvar u ovom pokusu su bile mljevene koštice svih vrsta datulja. Pirolizom nastaju bioulje i biougljen.



Slika 6.9.1. Proces pirolize

(Izvor: vlastita fotografija)

7. REZULTATI I RASPRAVA

7.1. UTVRĐIVANJE NUTRITIVNE ISKORISTIVOSTI

7.1.1. Sadržaj vode u mesu datulja

Rezultati sadržaja vode u mesu datulja prikazani su u tablici 7.1.1.1. gdje je prikazan sadržaj vlage i suhe tvari u svakom uzorku.

Tablica 7.1.1.1. Sadržaj vode i suhe tvari u mesu datulja

	Sadržaj vode (%)	Sadržaj suhe tvari (%)
Medjool	21,11 a±0,10	78,89 b±0,11
Deglet Noor	19,21 b±0,25	80,79 d±0,20
Fard	14,43 d±0,14	85,57 e±0,45
Lulu	15,11 c±0,02	84,89 c±0,05
Sag'ai	13,99 e±0,13	86,01 a±0,01
Khouri	14,05 e±0,11	85,95 a±0,23
Sellaj	13,68 f±0,05	86,32 d±0,79

Iz tablice 7.1.1.1. je vidljivo da je signifikantno najveći sadržaj vode dobiven u sorti Medjool (21,11 % vlage), dok je u sorti Sellaj signifikantno najmanji sadržaj vode (13,68 % vlage). I sve ostale dobivene vrijednosti vode bile su signifikantno različite.

Al-Harrasi i suradnici (2014) su u svojim istraživanjima dobili slične rezultate prema kojima je sorta Fard iz regije Bahla imala je udio vlage 15,93 %, a sorta Lulu 15,28 %, što je u skladu sa ovim istraživanjima.

7.1.2. Sadržaj pepela u mesu datulja

U tablici broj 7.1.2.1. prikazan je sadržaj pepela u istraživanim sortama datulje.

Tablica 7.1.2.1. Sadržaj pepela u mesu datulja

	Sadržaj pepela (%)
Medjool	2,47 b±0,14
Deglet Noor	2,11 c±0,38
Fard	1,99 c±0,02
Lulu	2,12 c±0,02
Sag'ai	1,94 c±0,05
Khouri	2,79 a±0,03
Sellaj	2,03 c±0,10

Sadržaj pepela signifikantno se razlikovao kod sorte Medjool te sorte Khouri. Prema navodima Al-Harrasija i suradnika (2014) sorta Fard iz regije Bahla sadržavala je 1,92 % pepela, dok je sorta Fard iz regije Adam sadržavala 1,46 % pepela, dok je u ovome istraživanju dobiveno da sorta Fard sadrži 1,99 % pepela. Razlika nije velika, a može se pripisati porijeklu uzroka. U skladu s ovim rezultatima su oni dobiveni na USDA Food Composition Databases prema kojima sorta Deglet Noor sadrži 1,60 % pepela, a sorta Medjool 1,74 % pepela, što je u skladu sa dobivenim rezultatima.

7.1.3. Sadržaj masti u mesu datulja

U tablici 7.1.3.1 prikazan je sadržaj masti u istraživanim uzorcima.

Tablica 7.1.3.1. Sadržaj masti u mesu datulja

	Sadržaj masti (%)
Medjool	3,54 b±0,26
Deglet Noor	7,29 a±0,24
Fard	2,89 c±0,46
Lulu	1,10 e±0,06
Sag'ai	2,65 c±0,05
Khouri	1,38 e±0,09
Sellaj	1,97 d±0,08

Datulje su poznate kao voće koje sadrže malo masti. Iz tablice broj 4 vidljivo je kako signifikantno najmanji udio masti ima sorta Lulu (1,10 %), a značajno najviše sorta Deglet Noor (7,29 %). Al-Harrasi i suradnici (2014) utvrdili su da Sorta Fard iz regije Bahla sadrži 0,41 % masti, dok ista sorta iz regije Bidbid sadrži 0,13 % masti. Al-Hooti i suradnici (1997) navode sadržaj masti u sorti Lulu 0,10 %. Al-Farsi i suradnici (2005) navode sadržaj masti u sorti Fard 1,41 %.

7.1.4. Sadržaj škroba u mesu datulja

Sadržaj škroba u mesu datulja je naveden u tablici 7.1.4.1.

Tablica 7.1.4.1. Sadržaj škroba u mesu datulja

	Sadržaj škroba (%)
Medjool	3,79 d±0,05
Deglet Noor	3,94 d±0,17
Fard	4,62b±0,01
Lulu	4,95 a±0,03
Sag'ai	4,52 b±0,10
Khouri	4,57 b±0,14
Sellaj	4,26 c±0,06

Značajno najmanji sadržaj škroba sadrži sorta Medjool 3,79 %, a najveći sorta Lulu 4,95 %, dok sorta Fard iz ovog istraživanja sadrži 4,64 % škroba. Očito je da razlike nisu velike osim kod sorte Lulu.

U navodu Manickavasagana i suradnika (2012), datulje u srednjem stadiju zrelosti sadrže mnogo škroba. U zadnjem stadiju zrelosti taj škrob se razgradi na glukozu i fruktozu i udio škroba nije velik. Udio škroba u sortama Khalas, Fard i Khasab iznosi 1,86 do 2,34 %.

7.2. UTVRĐIVANJE FIZIKALNIH SVOJSTAVA

7.2.1. Dimenzije koštica datulja

Dimenzije koštica mogu biti drugačije, ovisno o sorti kao i o agroklimatskim uvjetima rasta i razvoja biljke.

Prosječne dimenzije koštica datulje sorte Deglet Noor su:

- visina: 23,16 mm,
- širina: 7,87 mm,
- debljina: 6,89 mm.

7.2.2. Sferičnost koštica datulja

Sferičnost je izvedena iz dimenzija koštica u ovisnosti o obliku koštica. Prosječna sferičnost koštica datulja sorte Deglet Noor iznosi 47 %. Ne postoje slična istraživanja za usporedbu rezultata.

7.3. REZULTATI ENERGETSKE ANALIZE KOŠTICA DATULJA

U tablici 7.3.1. prikazane su energetske analize koštice datulje i to: sadržaj vode, pepela, koksa, fiksiranog ugljika, hlapivih tvari te gornja ogrjevna vrijednost.

Tablica 7.3.1. Analiza ulaznih sirovina - koštica datulja

	Sadržaj vode (%)	Sadržaj pepela (%)	Sadržaj koksa (%)	Fiksirani ugljik (%)	Hlapive tvari (%)	Gornja ogrjevna vrijednost (MJ/kg)
Medjool	11,22a±0,31	1,33bc±0,05	14,40 b±0,19	11,46b±0,18	75,99c±0,87	17,49 c±0,13
Deglet Noor	11,02ab±0,39	1,31bc±0,10	13,44 c±0,14	10,65 c±0,16	77,02bc±0,79	17,65 b±0,07
Fard	10,70b±0,05	1,58a±0,08	14,84a±0,23	11,65 c±0,12	76,05 c±0,28	17,52bc±0,03
Lulu	10,06ab±0,05	1,17 c±0,08	14,32 b±0,14	11,72b±0,16	77,06bc±0,87	15,60 d±0,05
Sag'ai	9,17ab±0,05	1,29bc±0,11	14,30 b±0,09	11,70b±0,20	77,84 b±0,83	18,24 a±0,12
Khouri	9,38ab±0,05	1,35b±0,014	14,80 a±0,11	12,07a±0,10	77,21bc±1,13	18,13a±0,07
Sellaj	9,33ab±0,05	1,19bc±0,08	11,52 a±0,13	9,26d±0,08	80,22a±1,29	18,20a±0,09

Prema rezultatima iz tablice 7.3.1. vidljivo je da je sadržaj vode bio signifikantno različit kod sorata Fard i Medjoool kod koje je zabilježen i najviši sadržaj vode, dok je najmanji sadržaj vode dobiven kod sorte Sag'ai. Prema navodima literature Hamada i suradnici (2002) navode da sorta Fard sadrži 10,30 % vode u koštici, a sorta Lulu 9,90 % vode, što je u skladu sa dobivenim rezultatima.

Sadržaj pepela signifikantno se kreće od 1,17 % kod sorte Lulu do 1,58 % kod sorte Fard. Dobivene rezultate možemo usporediti s Hamadom i suradnicima (2002) gdje je sorta Fard u njihovom istraživanju sadržavala 1,40 % pepela, dok sorta Lulu 1,00 % pepela što odgovara dobivenim rezultatima.

Sadržaj koksa u košticama datulja kreće se od značajno niskih 11,52 % u sorti Sellaj do čak 14,84 % u sorti Medjool. Vrlo je pozitivna karakteristika relativno visoka količina dobivenog koksa jer to označava dobra goriva svojstva koštica datulja kao potencijalnog energenta. U svrhu usporedbe rezultata udjela koksa, nisu poznata slična istraživanja.

Signifikantno najmanji sadržaj fiksiranog ugljika dobiven je kod sorte Sellaj (9,26%), a najviši kod sorte Khouri (12,07%).

Udio hlapivih tvari kretao se od 75,99 % kod sorte Medjool do 80,22 % kod sorte Sellaj.

Iz podataka navedene tablice vidljive su signifikantne razlike ogrijevne vrijednosti istraživanih sorata datulje. Tako, najnižu gornju ogrjevnu vrijednost ima sorta Lulu (15,60 MJ/kg), a najvišu gornju ogrjevnu vrijednost ima sorta Sag'ai (18,24 MJ/kg), što su vrijednosti koje su karakteristične za poljoprivrednu biomasu. Dobivene rezultate možemo usporediti s Saitom i suradnicima (2012) koji su na košticama datulja dobili rezultat gornje ogrjevne vrijednosti od 18.97 MJ/kg. U navedenom literaturnom navodu nije navedeno na kojoj sorti datulja je proveden pokus.

7.4. REZULTATI PIROLIZE

Piroliza je kemijska razgradnja organske tvari na visokoj temperaturi, bez prisutnosti kisika i vode. Pirolizom uzorka koštica dobiveno je 61,61 % bioulja i 22,12 % biougljena, što je prikazano u tablici broj 7.4.1.

Tablica 7.4.1. Udio bioulja i biougljena nakon postupka pirolize

	Sadržaj (%)
Bioulje	61,61
Biougljen	22,12

7.4.1. Rezultati analize dobivenog biougljena

U tablici 7.4.1.1. prikazani su parametri analize dobivenog biougljena nakon procesa pirolize u kojem je uzorak bila mješavina svih sorti koštica korištenim u istraživanju.

Tablica 7.4.1.1. Analiza biougljena koštica datulja nakon pirolize

PARAMETRI ANALIZE	
Biougljen (%)	22,12
Fizikalno-kemijska svojstva	
Pepeo (%)	4,76
Fiksirani ugljik (%)	79,00
Hlapive tvari (%)	16,24
Gorive tvari (%	95,24
Koks (%)	83,76
Energetska svojstva	
Gornja ogr. vrijednost (MJ/kg)	31,64

Iz tablice 7.4.1.1. je vidljivo kako biougljen od koštica sadrži veći udio pepela i koksa nego u ulaznoj sirovini. Također, gornja ogrjevna vrijednost biougljena bila je viša i iznosila je 31,64 MJ/kg. Za usporedbu, ugljen antracit ima ogrjevnu vrijednost 27,00 MJ/kg, dok ugljen lignit ima ogrjevnu vrijednost 15,00 MJ/kg.

Nema poznatih sličnih istraživanja za usporedbu rezultata.

8. ZAKLJUČAK

Temeljem dobivenih rezultata, analizom sedam sorti datulja: Medjool, Deglet Noor, Fard, Lulu, Sag'ai, Khouri i Sellaj može se zaključiti slijedeće:

- Meso datulje kao prehrambene namirnice sadrži udio vode od 13,68 % kod sorte Sellaj, do 21,11 % kod sorte Medjool, pepela od 1,94 % kod sorte Sag'ai, do 2,79 % kod sorte Khouri, masti kao vrlo važne komponente od 1,10 % kod sorte Lulu, do 7,29 % kod sorte Deglet Noor te škroba u sorti Medjool od 3,79 %, do 4,95 % u sorti Lulu.
- Fizikalne karakteristike značajne u procesima energetske pretvorbe su dimenzije i sferičnost koštica. Prosječne dimenzije koštica kod sorte Deglet Noor iznose:
  - visina: 23,163 mm,
  - širina: 7,867 mm,
  - debljina: 6,893 mm.

  Prosječna sferičnost koštica sorte Deglet Noor iznosi 47 %.
- Energetske karakteristike sirovine prate se kroz sadržaj vode, koksa, pepela, te ogrjevnu vrijednost. Udio vode kao nepoželjne karakteristike goriva u košticama datulja se kreće od 9,17 % kod sorte Sag'ai, do 11,22 % kod sorte Medjool. Najmanji udio koksa kao poželjne komponente izgaranja u košticama datulja ima sorta Sellaj i iznosi 11,52 %, a najveći udio koksa ima sorta Khouri i iznosi 14,80 %. Najmanji udio pepela u košticama datulja ima sorta Lulu i iznosi 1,17 %, dok sorta Fard ima najveći udio pepela i iznosi 1,58 %. Tako niski udio pepela u odnosu na ostalu poljoprivrednu biomasu daje košticama datulje dodatnu vrijednost kod izgaranja u kotlovima. Najveću gornju ogrjevnu vrijednost ima sorta Sag'ai i iznosi 18,24 MJ/kg, dok sorta Lulu ima najmanju ogrjevnu vrijednost i iznosi 15,60 MJ/kg.
- Procesom pirolize, kao najznačajnijim termokemijskim procesom pretvorbe dobiveni su proizvodi dodanih vrijednosti i to bioulje (61,61 %) i biougljen (22,12 %).
- Ogrijevna vrijednost biougljena iznosi 31,64 MJ/kg, sadržaj koksa 83,76 % i pepela 4,76 %, što biougljen čini boljom energetskom sirovinom od ulazne. Udio fiksiranog ugljika u biougljenu iznosi 79,00 %, hlapivih tvari 16,24 % i gorivih tvari 95,24 %.

9. LITERATURA

1. Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., Shahidi F. (2005). Compositional and Sensory Characteristics of Three Native Sun-Dried Date (*Phoenix Dactylifera* L.) Varieties Grown in Oman. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 7586-7591.
2. Al-Harrasi A., Ur Rehman N., Hussain J., Latif Khan A., Al-Rawahi A., Gilai A., Al-Broumi M., Ali L. (2014). Nutritional assessment and antioxidant analysis of 22 date palm (*Phoenix dactylifera*) varieties growing in Sultanate of Oman. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 7: 591-598.
3. Al-Hooti S., Sidhu J. S., Qabazard H. (1997). Physicochemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates. Plant Foods for Human Nutrition 50: 101-113.
4. Arias – Jiménez, E. J. (2002). Date palm cultivation. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
5. Barreveld, W. H. (1993). Date palm products. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
6. Bilandžija N. (2014), Perspektiva i potencijal korištenja kulture Miscanthus x giganteus u Republici Hrvatskoj. Inženjerstvo okoliša, 1: 81 – 87.
7. CEN/TS: 14774-2:2009 (2009) Solid biofuels - Methods for the determination of moisture content
8. CEN/TS: 14775:2009 (2009) Solid biofuels - Methods for the determination of ash content.
9. Chao C. T., Krueger R. (2007). The Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of Biology, Uses, and Cultivation. Hort Science Vol. 42 (5): 1077-1082.
10. García R., Pizarro C., Lavín A. G., Bueno J. L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. Bioresour Technol, 103: 249 – 258.
11. Geršić A. (2016). Energetske karakteristike trave Miscanthus x giganteus ovisno o gnojidbenom tretmanu i roku žetve. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
12. Glasner A., Botes A., Zaid A., Emmens J. (2002). Date harvesting, packinghouse menagement and marketing aspects. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
13. Hamada J. S., Hashim I. B., Sharif F. A. (2002). Preliminary analysis and potential uses of date pits in foods. Food Chemistry 76: 135-137.

14. HRN EN 14918:2010 (2010) Solid biofuels- Determination calorific value. European Committee for Standardization.
15. HRN ISO 6492:2011 (2011). Solid biofuels- Determination of fat content. European Committee for Standardization.
16. HRN ISO 6493:2001 (2001). Determination of starch content – Polarimetric method. European Committee for Standardization.
17. Krička T., Voća N., Tomić F., Janušić V. (2007). Experience in production and utilization of renewable energy sources in EU and Croatia. Zbornik radova, The 5th International Conference ″Intergrated systems for agri-food production″, Sibiu: 203-2010.
18. Lakić J. (2016). Iskoristivost soje različitih kultivara za potrebe proizvodnje biogoriva i hranidbu životinja. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
19. Manickavasagan A., Mohabed Essa M., Sukumar E. (2012). Dates: Production, Processing, Food and Medicinal Values. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York.
20. Mansour H. M. (2005). Morphological and Genetic Characterization of Some Common *Phoenix dactylifera* L. Cultivars in Ismailia Region. M. Sc. Thesis Botany Department, Faculty of Science, Suez Canal University.
21. Morton J. F. (1987). Fruits of Warm Climates. Julia F. Morton, Miami, Florida.
22. Obernberger I., Thek G. (2004). Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. Biomass Bioenergy 27 (6): 653-669.
23. Reuveni O. (1986). Date. In: S. P. Monselise (ed.). CRC handbook of fruit set and development. CRC Press, Boca Raton, Florida, 119-144.
24. Sait H. H., Hussain A., Salema A. A., Ani F. N. (2012). Pyrolysis and combustion kinetics of date palm biomass using thermogravimetric analysis. Bioresource Technologhy 118: 382-389.
25. Zohary D., Hopf M. (2000). Domestication of plants in the old world: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. Oxford University Press, Oxon, United Kingdom.

Internet stranice:

- https://www.agroklub.com/sortna-lista/voce/datulja-358/

- http://www.dateland.com/how-are-dates-grown/
- www.fao.org
- http://www.fao.org/faostat/en/
- http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize
- http://www.flnurserymart.com/products/trees-palms/medjool-date-palm/
- https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/phoenix_dactylifera.htm
- https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/date.html
- https://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/report?nutrient1=207&nutrient2=&nutrient3=&fg=9&max=25&subset=0&offset=100&sort=f&totCount=349&measureby=g
- http://www.talmudology.com/jeremybrownmdgmailcom/2017/2/16/bava-basra-27b-the-roots-of-a-palm-tree
- https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/phoenix_dactylifera.htm
- https://toptropicals.com
- https://www.123rf.com/stock-photo/deglet_noor_date.html

10. ŽIVOTOPIS

Valentina Jakupec rođena je 27. siječnja 1992. godine u Virovitici. Nakon završetka osnovne škole, upisuje gimnaziju Petra Preradovića u Virovitici, jezičnog usmjerenja. 2010. godine završava srednju školu te upisuje preddiplomski studij Poljoprivredna tehnika na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Preddiplomski studij završava 2014. godine, a zatim upisuje diplomski studij Poljoprivredna tehnika – Mehanizacije na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.