Iskoristivost soje različitih kultivara za potrebe proizvodnje biogoriva i hranidbu životinja

Lakić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:204:494605

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

Josip Lakić

ISKORISTIVOST SOJE RAZLIČITIH KULTIVARA ZA POTREBE PROIZVODNJE BIOGORIVA I HRANIDBU ŽIVOTINJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
Poljoprivredna tehnika- Mehanizacija

Josip Lakić

ISKORISTIVOST SOJE RAZLIČITIH KULTIVARA ZA POTREBE PROIZVODNJE BIOGORIVA I HRANIDBU ŽIVOTINJA

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Ana Matin

Zagreb, veljača 2016.

Ovaj diplomski rad je obranjen na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana _____ s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Mentorica: doc. dr. sc. Ana Matin _____
2. Članica povjerenstva: prof. dr. sc. Ana Pospišil _____
3. Član povjerenstva: doc. dr.sc. Goran Kiš _____

Riječi zahvale

Tijekom provedenih godina na Agronomskom fakultetu u Zagrebu stekao sam puno znanja, iskustva, istinskih prijatelja i uzora. U životu težimo različitim ciljevima, neke postižemo lakšim putem, a za neke se moramo više potruditi. Jedan od tih ciljeva je i moj završetak studija, koji ne bih postigao bez određenih osoba koje su mi bile potpora tijekom studiranja. Iz tog razloga želim izraziti riječi zahvale svima koji su me na bilo koji način podržali, pomogli i vjerovali u mene.

Prvenstveno se želim zahvaliti mentorici doc. dr. Ani Matin na sugestijama, strpljenju i pomoći oko izrade ovog rada. Želim se zahvaliti i prof. dr. sc. Tajani Krička te cijelom Zavodu za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport. Veliko hvala članovima komisije, doc. dr. sc. Goranu Kišu i prof. dr. sc. Ani Pospišil na danim savjetima i ukazanom povjerenju.

U riječima zahvale ne smijem izostaviti kolege studente koji su na određeni način, kroz studij, dijelili sa mnom sve trenutke njihovog i mojeg uspjeha. Posebnu zahvalu dugujem kolegicama Mateji Grubor i Ani Čale.

Na kraju, najveću zahvalu dugujem svojim roditeljima, obitelji i djevojci koji su bili uz mene te su mi i dalje najveća potpora u mojim ciljevima i postignućima.

Hvala svima koji su vjerovali u mene, Vi ste omogućili moj uspjeh.

Hvala svima od srca,

J. L.

SADRŽAJ

1. UVOD…….....1

2. CILJ RADA……...2

3. PREGLED LITERATURE…….....3

3.1. SOJA……...3

3.1.1. Porijeklo i sistematika soje…….....3

3.1.2. Proizvodnja soje u svijetu……..…...3

3.1.3. Proizvodnja soje u Hrvatskoj……..…....4

3.1.4. Morfološke osobine soje……....4

3.1.4.1. Zrno……..…....4

3.1.4.2. Korijen……..…6

3.1.4.3. Kvržice (Nodule)……..…7

3.1.4.4. Stabljika…….....8

3.1.4.5. List……....9

3.1.4.6. Cvijet…….....10

3.1.4.7. Mahuna (plod)……...10

3.1.4.8. Dlake soje……...11

3.1.5. Agroekološki uvjeti uzgoja soje…….…12

3.2. NUTRITIVNA SVOJSTVA SOJE…….....……....13

3.2.1. Bjelančevine…….....13

3.2.2. Masti (ulja)……...14

3.2.3. Ugljikohidrati……...15

3.2.4. Mineralne tvari (pepeo)……...15

3.2.5. Vitamini……....16

3.2.6. Voda……..17

3.3. SOJA KAO SIROVINA U PROIZVODNJI BIOGORIVA……...…18

3.3.1. Energetska i goriva svojstva soje……..18

3.3.1.1. Sastav i energetska analiza gorivih vrijednosti soje……19

3.3.1.1.1. Gorive tvari soje……..19

3.3.1.1.2. Negorive tvari soje……..21

3.4. TEHNOLOŠKI POSTUPCI I GLAVNI PROIZVODI PRERADE SOJE……..22

3.4.1. Postupci u preradi sjemena soje…….....22

3.4.2. Bjelančevinasti proizvodi od soje……...23

3.4.2.1. Sojina sačma…….....23

3.4.2.2. Brašno i krupica……23

3.5. SOJA U HRANIDBI ŽIVOTINJA……..24

3.6. TERMIČKA OBRADA ZRNASOJE…….....…26
3.6.1. Konvekcijsko sušenje…….....26
3.6.2. Kondukcijsko sušenje- tostiranje……...27
3.6.3. Mikronizacija……...27
3.6.4. Ekstrudiranje……...28
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA……29
4.1. Korištene sorte u istraživanju…….....29
4.1.1. Sorta Galla PZO…….....29
4.1.2. Sorta Slavonka…….....30
4.1.3. Sorta Gordana……..30
4.1.4. Sorta Sivka……....31
4.1.5. Sorta Lucija……..32
4.1.6. Sorta Zagrepčanka……..32
4.1.7. Sorta Ana……..33
4.1.8. Sorta Sanja……...33
4.1.9. Sorta Mira……34
4.2. Kondukcijsko sušenje tostiranjem……..34
4.2.1. Laboratorijski model tostera……..35
4.3. Nutritivna i energetska svojstva stabljike i sjemena soje……...…..36
4.3.1. Kemijske analize stabljike i sjemena soje…….....36
4.3.1.1. Određivanje udjela vode stabljike i sjemena soje…….....36
4.3.1.2. Određivanje udjela pepela stabljike i sjemena soje…….....37
4.3.1.3. Određivanje udjela ukupnog ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S) i kisika (O)……37
4.3.1.4. Određivanje udjela sirovih bjelančevina……38
4.3.1.5. Određivanje udjela sirovih masti……39
4.3.2. Energetske analize stabljike i zrna soje……40
4.3.2.1. Određivanje gornje i donje ogrjevne vrijednosti……...40
4.3.2.2. Određivanje udjela koksa……41
4.3.2.3. Određivanje udjela fiksiranog ugljika……....42
4.3.2.4. Određivanje udjela gorive tvari……..42
4.3.2.5. Određivanje udjela hlapljive tvari……..42
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA……...43
5.1. Morfološke osobine uzoraka kultivara soje……...43
5.2. Energetske i nutritivne karakteristike……...43

6. ZAKLJUČAK……..54
7. POPIS LITERATURE……55

SAŽETAK

Soja (*Glycine max*(L.) Merrill) pripada starim ratarskim kulturama. Potječe iz Azije, s područja Dalekog istoka (Kine, Japana, Indije i dr.) gdje se uzgaja već više od 4.000 godina. Biljka se može koristiti u razne svrhe te je njena iskoristivost maksimalna (koristi se zrno i stabljika). Zrno soje jedan je od glavnih izvora jestivih ulja i bjelančevina za prehranu ljudi i hranidbu domaćih životinja. Ono može biti korišteno u razne industrijske svrhe, uz uvjet termičke dorade kako bi se inaktiviralo nepovoljno djelovanje ureaze i tripsininhibitora. Sirovo sojino zrno izaziva probavne smetnje kod većine konzumenata stoga ga je potrebno doraditi kondukcijskim sušenjem (tostiranjem). Nakon termičke dorade jezgra soje se dalje prerađuje u razne svrhe dok stabljika preostaje kao nusproizvod. Kako bi se utvrdila nutritivna svojstva zrna i energetska (goriva) stabljike soje provedeno je istraživanje ovim načinom termičke dorade. Stabljika soje koristi se u energetske svrhe i u svrhe očuvanja plodnosti tla.
Istraživanje je obuhvaćalo devet sorti soje (Lucija, Ana, Slavonka, Sivka, Gordana, Sanja, Galla PZO, Zagrepčanka i Mira). Nakon prikupljanja uzoraka, za svaku sortu je određen nutritivni sastav zrna i energetski sastav stabljike soje. Parametri su određeni prije i poslije termičke dorade kondukcijskim sušenjem. Od nutritivnih svojstava zrna prema standardnim metodama određen je: sadržaj vode, pepela, škroba, masti i bjelančevine. Od energetskih svojstava u stabljici standardnim metodama određen je: sadržaj vode, pepela, koksa, gornja (Hg) i donja (Hd) ogrjevna vrijednost i udio C, H, N i S. Sorte soje sušene su kondukcijskim sušenjem na temperaturama od 120, 140 i 160 °C, u vremenu od 12, 24, 36, 48 i 60 minuta.

Ključne riječi: zrno, stabljika, soja, sorte, sušenje, temperatura.

SUMMARY

Soybean (*Glycine max*(L.) Merrill) belongs to the old field crops. It originates from Asia, from area of Far East (China, Japan, India, etc.) where it is grown for over 4000 years. Plant can be used for various purposes and has a maximum efficiency (used in seeds and stalks). Soybeans are one of the major sources of edible oil and protein for human and animal nutrition. It can be used for variety of industrial purposes, provided the thermal processing to inactivate the adverse effects of ureases and trypsin inhibitors. Crude soybean seeds cause digestive problems for most consumers and it is necessary to treat it by conduction drying – toasting process. After thermal processing grain of soybean is further processed for variety of purposes while the stem remains as a by-product. In order to determine grain nutritional features and energy (combustion) steam of soybean, research was conducted via given type of thermal processing. Soybean is used for energy development purposes and for purposes of preserving soil fertility.

The research included nine varieties of soybean (Lucija, Ana, Slavonka, Sivka, Gordana, Sanja, Galla PZO, Zagrepčanka and Mira). After collecting samples, every type has been defined by nutritional composition of the grain and energy composition of the soy steam. Parameters were defined before and after thermal processing via conduction drying. Nutritional features of the grain were defined by standard methods: percent of water, ash, starch, fat and protein. Energy features of the steam is defined by standard methods: percent of water, ash, coke, high (Hg) and low (Hd) calorific value and percent of C, H, N and S. Soybean types were dried via conduction drying on temperature of 120, 140 and 160 °C, for a period of 12, 24, 36, 48 and 60 minutes.

Key words: grain, steam, soybeans, varieties, drying, temperature

1 . UVOD

Soja (*Glycine max*(L) Merrill) pripada starim ratarskim kulturama koje se uzgajaju više od 4.000 godina. Potječe iz Azije gdje je bila glavni izvor hrane na području Dalekog istoka (Kine, Japana, Indije i dr.). Na području Hrvatske soja se počela uzgajati krajem 20 stoljeća te se uzgaja sve do danas (Vratarić i Sudarić, 2008). Danas je vodeća uljna i bjelančevinasta kultura, čije se zrno koristi kao izvor jestivih ulja i bjelančevina, ne samo za ishranu ljudi, već i za hranidbu stoke te za razne industrijske namjene (Vratarić i Sudarić 2008.).

Kakvoća sojinog zrna određuje značaj i važnost soje. Zrno soje sadrži 35 – 50% bjelančevina, 18 – 24% ulja, 30% i više ugljikohidrata kao i vitamine, što ovisi o uvjetima uzgoja te o sortnim osobinama. Vrlo bitno mjesto u proizvodnji i industriji u svijetu soji daju bjelančevine koje su vrlo kvalitetne zbog čega prerađevine sojinog zrna mogu služiti i kao nadomjestak za meso (Vratarić i Sudarić, 2008.). Soja se koristi u razne svrhe a kod prerade može se iskoristiti i do 100%. Preradom sojinog zrna dobivamo ulje i ostale proizvode (brašno, pogače, izolati, sačme, teksturirani bjelančevinasti koncentrati) s 38–95% bjelančevina, koji se koriste za prehranu ljudi, životinja te kao sirovina u prehrambenoj, kemijskoj i farmaceutskoj industriji

Soja ima veliki značaj u agrotehnici ratarskih kultura. Na korijenu soje se formiraju kvržice koje sadrže bakterije iz roda Bradyrhizobium japonicum. Soja živi u simbiotskom odnosu s bakterijama u kojem soja osigurava bakterijama hranjive tvari, a bakterije vežu dušik iz zraka koji biljka koristi za svoj rast i razvoj. Na taj način se smanjuje potreba za dušičnim gnojivima. Stoga je vrlo poželjna kultura u plodoredu (Pospišil, 2010.).

Sirovo sojino zrno nije poželjno u hranidbi domaćih životinja jer ima malu iskoristivost i slab prirast. Zato prije upotrebe sojino zrno treba termički preradit kako bi se uništilo štetne tripsininhibitore u bjelančevini zrna (Vratarić i Sudarić 2008). To se može postići ili tijekom sušenja ili naknadnom doradom osušenog zrna. Sirovo zrno koje treba sušiti ili skladištiti, bez obzira na konačnu namjenu, mora imati kakvoću koja odgovara propisanim uvjetima (Katić, 1997.).

Sojina stabljika je visoka (30-130 cm, ovisno o sortnim osobinama), ima veliki broj nodija i internodija te se rodnost prema vrhu biljke smanjuje. Ovisno o vegetacijskom prostoru (gustoći sklopa) biljka soje razvija jednu do tri grane, a u rijetkoj sjetvi može razviti pet i više grana. U uzgoju soje proizvođači najviše pažnje pridodaju otpornosti na polijeganje stabljike.

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada je utvrditi koje su razlike u kultivarima soje (Galla PZO, Lucija, Sanja, Gordana, Mira, Ana, Slavonka, Zagrepčanka i Sivka) te koje su to osobine bolje iskoristive za proizvodnju biogoriva ili hranidbu životinja utvrđivanjem:

1. morfoloških osobina proučavanih sorata soje
2. kemijskih promjena sastava u sadržaju vode, pepela, masti i koksa
3. nutritivnih karakteristika prirodnih i tostiranih uzoraka zrna te energetskih karakteristika stabljike soje.
4. promjena prilikom termičke dorade zrna soje (kondukcijskim sušenjem- tostiranjem) na različitim temperaturama (120°C, 140°C i 160 °C) i u različitim intervalima (12, 24, 36, 48 i 60 minuta).

3. PREGLED LITERATURE

3.1. SOJA

3.1.1. Porijeklo i sistematika soje

Soja *Glycine max* (L.) Merr., kao jedna od najstarijih ratarskih kultura koja se uzgaja više od četiri tisuće godina, potječe sa Dalekog istoka (Kina, Japan, Indija i dr.) gdje je bila neophodna, uz pšenicu, ječam, rižu i proso, za opstanak kineske civilizacije.

Pretkom kulturne forme soje smatra se divlja soja *Glycine ussurienssis* (Gazzoni, 1994.). Soja pripada porodici *Leguminosae*, podporodici *Fabaceae.* Rod *Glycine Willd* sastoji se o dva podroda: *Glycine* i *Soja* (Moench) F.J.Herm. u koju pripada kultivirana soja.

Zbog svog sastava zrno soje je glavna komponenta ishrane milijuna ljudi u svijetu. 1692. godine donesena je u Europu kao botanička biljka zahvaljujući botaničaru Engelbertu Kaemferu, a u 18. stoljeću prenesena je na područje Sjeverne Amerike.

3.1.2. Proizvodnja soje u svijetu

Danas je soja važna ekonomska i politička kultura sa stalnom tendencijom porasta površina zasijanih sojom i prosječnih uroda zrna po hektaru. Izgradnjom prve tvornice za preradu zrna soje 1908. godine u Engleskoj, počinje teći masovna proizvodnja i dorada soje. Soja je daleko iznad drugih uljnih kultura po proizvodnji ulja, a udio sojinog ulja u ukupnoj svjetskoj proizvodnji ulja iznosi 35% (Vratarić i sur. 2008.). Uz SAD, kao glavnog proizvođača soje u svijetu, najveći proizvođač soje su također Brazil, Argentina, Kina, Indija, Kanada (tablica 1.). Dva najveća izvoznika sojinog ulja su Argentina i Brazil dok su azijske zemlje najveći uvoznici.

Tablica 1. Površina i urod soje u svijetu (Faostat, 2013)

Država	Površina (ha)	Urod zrna (kg/ha)
1. SAD	30 703 000	2914
2. Brazil	27 864 915	2931
3. Argentina	19 418 825	2539
4. Indija	12 200 000	973
5. Kina	6 600 100	1893
6. Kanada	1 819 600	2856

3.1.3. Proizvodnja soje u Hrvatskoj

U Hrvatskoj se soja prvi puta pojavljuje između 1876. i 1878. godine, kada je austrijski biokemičar Friedrich Haberlandt provodio pokuse na cijelom području Austrougarske te u Dubrovniku. Na samom području Hrvatske, točnije na imanju Korija kraj Virovitice, Stjepan Čmelik nabavio je novu kolekciju sorata soje izravno iz Kine i Mandžurije.. Između 1931. i 1934. ta soja se proširuje na istočno područje Slavonije na imanju u Ernestinovu gdje ostvaruje urod između 1600 i 2200 kg/ha pod imenom Osječanka ili Čmelikova. Zabilježeno je 1999. godine da površine zasijane sojom obuhvaćaju 46 336 ha na području Republike Hrvatske, dok 2014. godine zasijane površine iznose 47 104 ha (Tablica 2.).

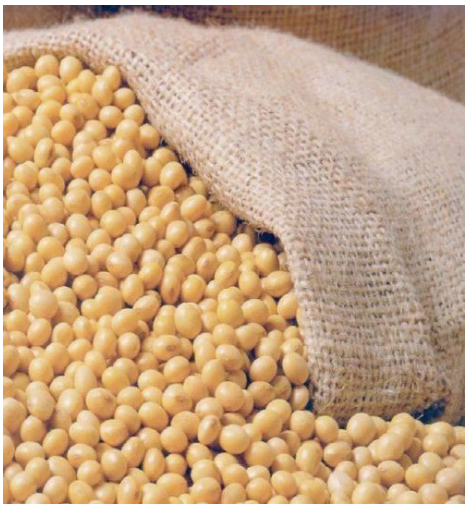
Tablica 2. Proizvodnja soje u Hrvatskoj (Državni zavod za statistiku, 2014)

Godina	Površina (ha)	Prosječni prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
2010.	56 456	2,7	153 580
2011.	58 896	2,5	147 271
2012.	54 109	1,8	96 718
2013.	47 156	2,4	111 316
2014.	47 104	2,8	131 424

3.1.4. Morfološke osobine soje

3.1.4.1. Zrno

Zrno soje (slika 1.) je različitog oblika, veličine i boje što ovisi o sorti i načinu uzgoja. Masa 1000 zrna soje varira od 20 do 500 grama (od divljih do povrtnih sorata). Kod većine sorata koje se uzgajaju u komercijalnoj proizvodnji masa tisuću zrna je od 150 do 200 grama. Veličina ili krupnoća zrna ovisna je o sorti i agroekološkim činiteljima. Zrno prema obliku varira od okruglog do spljoštenog oblika (Vratarić i Sudarić 2008.).

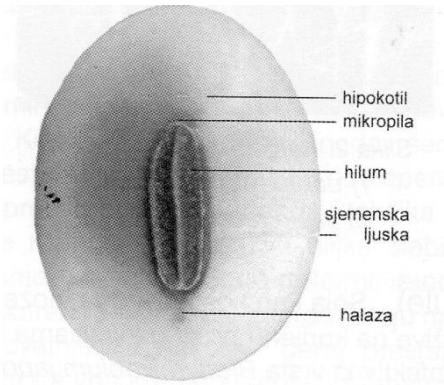


Slika 1. Zrno soje (Izvor: www.agroburza.hr)

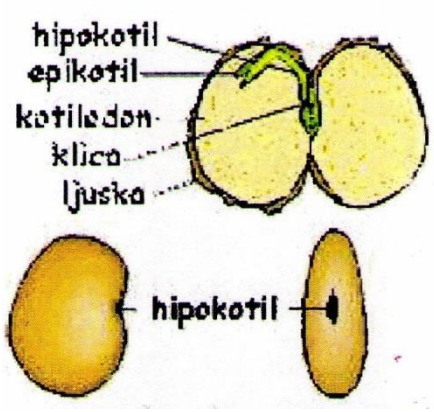
Zrno soje (slika 2.) je sastavljeno od embrija obavijenog sjemenskom opnom. Embrio se sastoji od dva kotiledona, plumule s dva primarna listića koji zatvaraju primordij prvog lista, epikotila, hipokotila i korjenčića.

Kotiledoni čine najveći dio ukupne mase i volumena zrna, obavijeni su epidermom čije su stanice ispunjene zrncima aleurona. Preostali dio kotiledona sastoji se najvećim djelom od stanica palisadnohparenhima, koje imaju stjenke ispunjene aleuronom i uljem. Aleuronske stanice su češće debelih stjenki i ispunjene su bjelančevinama.

Hipokotil (slika 3.) je dug oko 5 milimetara, lagano okrenut prema unutra od obje strane vanjskog sloja, koje su u kontaktu s unutrašnje strane koji čvrsto prilježe na kotiledone, a ponekad je vidljiv kroz sjemensku opnu. Sjemenska ljuska ili opna završava hilumom ili sjemenskim pupkom (Pospišil 2010.).



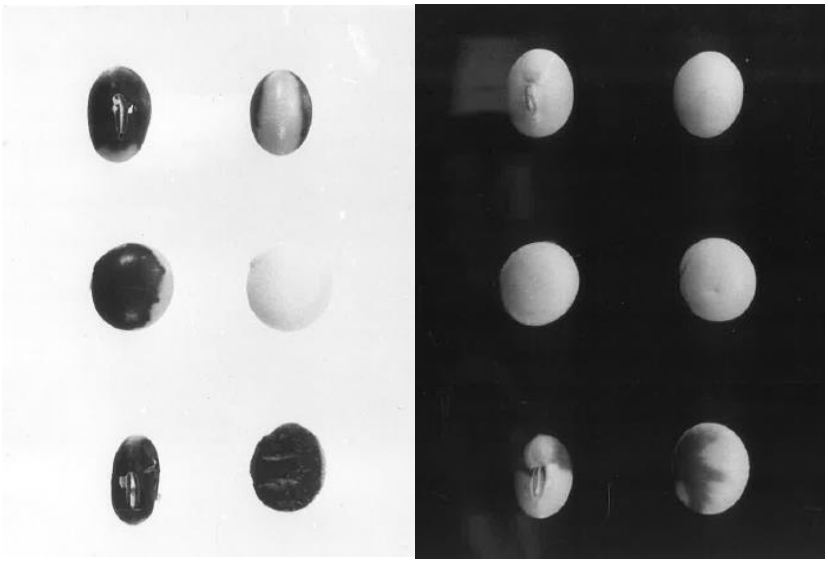
Slika 2. Zrno soje



Slika 3. Presjek zrna soje

(izvor: http://tloznanstvo.com)

Na jednom kraju hiluma je mali žlijeb (halaza), a na drugom mikropila. To su otvori kroz koje će izbiti klicin korjenčić kada nastanu povoljni uvjeti u tlu za klijanje. Veličina, oblik i boja hiluma različiti su kod raznih sorti. Boja varira od žute, smeđe, crvenkaste do crne boje (slika 4.).



Slika 4. Primjer različitih boja zrna(izvor: vlastita arhiva)

3.1.4.2. Korijen

Ova biljka sadrži jak korijenov sustav visoke apsorpcijske sposobnosti. Korijenov sustav sastoji se od jakog glavnog vretenastog korijena i velikog broja sekundarnog korijenja koji su rasprostranjeni na različitim dubinama tla (slika 5.). Razvoj korijena ovisi o raspoloživoj vodi i hranjivim tvarima u tlu i sastavu tla. Na konačan urod zrna sojine biljke uvelike utječu veličina i rasprostranjenost korijena kao i broj kvržica na njemu. Korijen može biti dubok i do 180cm, no glavnina korijena nalazi se u gornjem sloju tla na dubini i širini do 30cm gdje apsorbira hranjivu tvar i fiksira dušik u vrijeme rasta i razvoja. Svojstvo korijena je da raste dok raste i nadzemna biljka. Primarna građa korijena sastoji se iz tri dijela: rizoderme, primarne kore i centralnog cilindra (Vratarić i Sudarić 2008).

Rizoderma korijena odgovara epidermi stabljike, ali se razlikuju po tome što nema kutikule ni stoma, nego korijenove dlačice te se razlikuju po svojoj građi i funkciji. S obzirom da dlake i drugi dijelovi rizoderme nisu prekriveni kutikulom, lako kroz stjenku uzimaju vodu iz tla, a sam ulaz vode olakšavaju i tanke stjenke dlačica. Primarna kora sastoji se od jednog staničnog sloja ezoderma, a ispod nje su smještene parenhimske stanice koje obiluju

rezervnom hranom. Iz primarnog korijenja raste sekundarno korijenje, a potječe iz pericikla tkiva koje je smješteno nasuprotno izbočini ksilema.



Slika 5. Korijenje (izvor: vlastiti)

Vrlo je važno znati koliko će se korijenov sustav razviti jer o njemu ovisi konačni urod zrna soje. Nadalje, vrlo razvijen korijenov sustav s velikom usisnom moći uvelike povećava glavne komponente uroda i sam urod zrna .

3.1.4.3. Kvržice (nodule)

Poput ostalih leguminoza, i soja koristi dušik iz zraka preko bakterija koje žive na korijenu biljke u kvržicama i nazivaju se kvržične bakterije. U kvržicama na korijenu, u simbiozi s biljkom, žive bakterije koje od biljke uzimaju ugljikohidrate (šećere), a za uzvrat biljku opskrbljuju dušikom. U kvržicama bakterije pretvaraju anorganski dušik (N_2) iz atmosfere, u kojoj ga ima u izobilju (oko 80%), u amonijski oblik $(NH_4)^+$ i nitratni oblik ($NO3^-$) koji je pristupačan za biljku. Dušično gnojivo se na isti način dobiva u tvornicama, ali uz utrošak puno većih količina skupe energije. Zbog toga je ovo biološko vezanje dušika iz zraka putem bakterija, uz pomoć sunčeve energije, puno jeftinije i može biti jako korisno ukoliko se maksimalno iskoristi (Vratarić i Sudarić 2008.).



Slika 6. Kvržice na korijenu soje (izvor: http://tloznanstvo.com)

Na korijenu soje, kvržice se počinju stvarati od trenutka infekcije korijena bakterijama Bradyrhizobium japonicum(slika 6.). Ubrzo nakon infekcije, u prosjeku dva do tri tjedna, bakterije su već sposobne hraniti biljku dušikom fiksirajući ga. Nakon četiri tjedna od infekcije promjer kvržica je najveći i fiksiranje dušika je intenzivno. Fizikalna i kemijska svojstva tla (osobito pH jer se bakterije slabo razvijaju pri sniženim pH vrijednostima), klimatski činitelji (temperatura i oborine), prozračnost tla i gnojidba uvelike utječu na aktivnost sojinih bakterija (Vratarić i Sudarić 2008.).

3.1.4.4. Stabljika

Prema tipu habitusa soje razlikujemo indeterminirani (nedovršeni) i determinirani (dovršeni) tip rasta, a u novije vrijeme postoji i podjela na semideterminirani tip. Kod nedovršenog tipa rasta cvatnja počinje na petom, šestom nodiju, te biljka dalje postupno raste i cvijeta. Stabljika je visoka i s velikim brojem nodija, a rodnost se smanjuje prema vrhu biljke. Sorte nedovršenog tipa su uglavnom višeg rasta u odnosu na sorte dovršenog tipa rasta. Kod sorti dovršenog tipa biljke prvo narastu više od 80% potrebne visine pa tek onda procvjetaju na svim nodijima, a poslije početka cvatnje, za svega nekoliko dana, prestaje svaki rast biljke. Ovakav tip karakteriziraju nešto niže stabljike koje imaju veću mogućnost grananja.



Slika 7. Stabljika soje prije žetve (izvor: http://herbos.hr)

Većinu sorti karakterizira relativno uspravna i čvrsta stabljika, visine u prosjeku od 80 do 120 cm. Anatomska građa stabljike, prema poprečnom presjeku, u punom rastu sastoji se od vanjske stjenke pokrivene jednim redom epidermalnih stanica iz kojih rastu dlake (jednostanične), ispod epiderme je sloj kolenhimatskih stanica kao i dva do tri sloja parenhimatskih stanica koje su dobro opskrbljene kloroplastima, a ispod ovih stanica nalazi se sloj vlakana.

3.1.4.5. List

Kod soje postoje četiri tipa listova, a to su: kotiledoni, jednostavni primarni listovi, troliske i trokutasti listovi tj. zalisci. Primarni listovi formiraju se još u zrnu i dobro su razvijeni kada klijanac izbija na površinu. Primarni listovi su jednostavni, s peteljkom dugom jedan do dva centimetra, a položeni su jedan nasuprot drugog na stabljici. Ostali listovi, kako na glavnoj stabljici tako i na granama, su troliske i smješteni su na stabljici naizmjenično. Krmne sorte odlikuju veći listovi, dok su divlje sorte prepoznatljive po malim listovima. Neke sorte karakteriziraju vrlo uski listovi, a ovo svojstvo vezano je s većim brojem zrna u mahuni i većom otpornosti na sušu.



Slika 8. Lišće soje (Izvor: http://savjetodavna.hr)

3.1.4.6. Cvijet

Cvijet ove biljke sličan je cvijetu ostalih leguminoza, veličine tri do osam milimetara, a nastaje na svakom pazušcu lista na stabljici i granama. Postoje različite boje cvjetova: bijela, ljubičasta ili kombinacija bijelo ljubičaste boje. Ljubičasta boja nastaje zbog antocijana, pigmenta kojeg nalazimo u hipokotilu biljke, dok zelene hipokotile nalazimo u biljkama čiji su cvjetovi bijele boje. Ljubičasti cvjetovi su u pravilu dominantniji nad bijelim (slika 9.).



Slika 9. Ljubičasti sojini cvjetovi (izvor: http://pinova.hr/hr_HR/)

Sojina biljka u pravilu stvara puno više cvjetova nego što ih se razvija u mahuni te je opadanje cvjetova u manjem postotku uobičajena pojava. Međutim, u nepovoljnim uvjetima opadanje cvjetova može biti i do 80% što se nepovoljno odražava na prinos. Cvijet se sastoji od čaške, vjenčića, prašnika i tučka. Čaška je cjevasta i završena s pet nejednakih lapova, a stražnja latica je najveća. Prašnici su u obliku prstena i nalaze se oko tučka. Budući da je soja samooplodna biljka s malim postotkom stranooplodnje, cvjetovi se oprašuju uglavnom prije otvaranja (otvaraju se rano ujutro). Na cvatnju ili oplodnju soje nepovoljno utječu hladno vrijeme, visoke temperature i suša.

3.1.4.7. Mahuna (plod)

Plod soje je mahuna, dužine 3-5 cm. Mahuna soje može biti raznih oblika: srpastog, okruglog ili spljoštenog, a jako varira po veličini, i na istoj biljci kao i između sorti, zbog velikog utjecaja vanjskih činitelja. Oblik mahune vezan je za broj i oblik sjemenki, što bi značilo da ako mahuna sadrži više sjemenki, mahune su duže, a ako je zrno okruglog oblika i mahune su okrugle. Nadalje, mahune spljoštenog zrna su spljoštenog oblika. U mahuni se uglavnom nalazi jedno do pet zrna i selekcijom se pokušavaju dobiti sorte sa što više zrna. Mahuna je duga između dva do sedam centimetara, a široka između jedan do dva centimetra (Pospišil 2010.).

Na konačni broj mahuna u biljci najviše utječu vlažnost tla u vrijeme formiranja mahuna i nalijevanja zrna. Komercijalne sorte soje imaju, uglavnom, čvrstu mahunu, koja, za razliku od divljih sorti, za vrijeme zriobe ne puca na polju, osim ako ne dođe do nepovoljnih uvjeta. Visoke temperature i nedostatak vode uzrokuju pucanje mahuna na polju tijekom žetve.



Slika 10. Zrela mahuna sa zrnjem(izvor: http://pinova.hr/hr_HR/)

Boja mahune za vrijeme rasta je zelena, a u zriobi poprima boje od vrlo svijetle, slamnato žute (slika 10.), pa gotovo do crne. Klimatski činitelji također znatno utječu na nijansu boje mahune, tj. hoće li izvorna boja biti svjetlija ili tamnija. Anatomsku građu mahune karakterizira sloj epidermalnih stanica koje se nalaze izvana i iz kojih rastu dlačice. Pigment koji daje boju mahuni nalazi se u epidermi ispod koje se nalaze parenhimske stanice, zatim pergamentni sloj stanica te najdonji unutarnji sloj, koji se sastoji od parenhimskih stanica.

3.1.4.8. Dlake soje

Dlake soje su jednostanične i nastaju iz stanica epiderme. Svaka normalna sojina biljka prekrivena je dlakama. Postoje umjerene varijacije u broju, opsegu, orijentaciji i rasporedu dlačica, iako većina sorti ima prosječnu količinu dlaka koje su poredane zbijeno u razmaknutim vertikalnim redovima na stabljici. Nadalje, postoje i sorte s vrlo gustim dlakama, poput krzna, kao i sorte koje imaju vrlo rijetke dlake na stabljici. Većina dlaka su pod pravim kutom, tj. uspravne su, no postoje i sorte kod kojih su dlake prilegnute. Boja dlaka je najčešće siva ili smeđa (Pospišil 2010.).



Slika 11. Dlake koje prekrivaju površinu biljke (izvor: http://pinova.hr/hr_HR)

3.1.5. Agroekološki uvjeti uzgoja soje

Primarni agroekološki faktori koji utječu na urod soje su: tlo, zrak, ugljični dioksid, svijetlo, temperatura i vlaga. Soja uspijeva na različitim tipovima tla, a najbolje uspijeva na dubokim, strukturnim, plodnim tlima, bogatim humusom sa pH 7. Na slabije plodnim tlima potrebno je više pažnje posvetiti gnojidbi kako bi se dobio zadovoljavajući urod. Svjetlost ima značajan učinak u proizvodnji soje zbog procesa fotosinteze i stvaranja klorofila. Duljina svijetla i dnevnog osvjetljenja te spektralni sastav svijetla, značajno utječu na rast i razvoj soje. S obzirom da je soja biljka kratkog dana, prijelaz iz vegetativne u generativnu fazu razvoja soje ovisi o temperaturi, ishrani te o svakodnevnom osvjetljenju biljke. Početak cvatnje biljaka soje i njegovo odgađanje je glavna barijera za postizanje visokih uroda zrna. Svijetlo je bitno za funkcioniranje fotosintetičkog mehanizma, koji utječe na: morfološke osobine soje (visina, mahuna, površina lista, polijeganje i dr.), fiksaciju dušika (N), ukupnu proizvodnju suhe tvari te urod zrna. Prema Molnaru (1998.) u fazi cvatnje i formiranja mahuna slaba osvijetljenost utječe na smanjenje broja mahuna po biljci oko 16% i njihove mase za 29%. Jedan od limitirajućih čimbenika u proizvodnji soje je voda. Soja je najosjetljivija u vrijeme klijanja sjemena, koje, da bi moglo klijati, treba apsorbirati više od 50 % vode. Velika zasićenost vode u tlu je štetna jer ispunjava makropore vodom te time korijenu onemogućava prihvat kisika što rezultira usporenim rastom biljke, a samim time omogućava rast i razvoj različitih patogena. Ovisno o fazama razvoja soje, biljka zahtijeva različite količine topline. Minimalne pogodne temperature za klijanje soje su 6 do 7 ºC, dovoljne temperature su 12 do 14 ºC dok su optimalne temperature za klijanje od 15 do 25 ºC. Niske temperature odgađaju zriobu u fazi cvatnje i sazrijevanja dok ispod 14 ºC prestaje svaki rast.

3.2. NUTRITIVNA SVOJSTVA SOJE

Nutritivna ili hranidbena vrijednost soje proizlazi iz njenog specifičnog kemijskog sastava (tablica 3) u kojem najveći udio imaju bjelančevine i ulja. Sojine bjelančevine imaju i veću nutritivnu vrijednost u odnosu na bjelančevine drugih biljnih vrsta te su vrlo značajna komponenta u prehrani ljudi i životinja (Vratarić i sur., 2008.). Stvarna nutritivna vrijednost može se utvrditi tek nakon toplinskog tretmana sjemena pri čemu dolazi do deaktivacije nenutritivnih tvari (inhibitoriproteaze,, razni enzimi, lektini, alergeni i dr.) prisutnih u sojinom zrnu. Soja može ravnopravno sudjelovati u izgradnji bjelančevina u ljudskom organizmu s obzirom da su sojine bjelančevine u iskoristivosti potpuno jednake bjelančevinama životinjskog podrijetla te su jednako vrijedne bjelančevinama mesa. Soja u svome sastavu sadrži sve esencijalne aminokiseline a 60% tih kiselina su esencijalne masne kiseline-linoleinska i linolenska kiselina zbog čega sojino ulje nalazi veliku primjenu u proizvodnji jestivih ulja i biljnih masti. Sojino zrno je bogato raznim mineralima kao što su: kalij, sumpor, mangan, željezo, kalcij, fosfor, klor, natrij te vitaminima B- kompleksa. Zbog svog sastava je jedina biljka koja po svojoj vrijednosti i iskoristivosti nema konkurenciju.

Tablica 3. Kemijski sastav zrna soje (Vratarić i sur., 2008)

Bjelančevine	**Masti (ulja)**	**Ugljikohidrati**	**Pepeo**	**Voda (vlaga)**
30-50%	12-24%	18-30%	5%	10-13%

3.2.1. Bjelančevine

Bjelančevine ili proteini organske su makromolekule te su najvažniji biološki sastojci svake žive stanice i glavno tvorivo nužno za rast i obnavljanje tkiva a uključene su u gotovo sve biokemijske stanične procese. Građene su od jednog ili više lanaca aminokiselina, koje su međusobno povezane peptidnom vezom.

Soja sadrži između 30 i 50% bjelančevina, uključujući svih 8 esencijalnih aminokiselina, od čega 90 % otpada na albumine i globuline, 0,5 % na lektine te 6% na tripsin inhibitore. Metaboličkom razgradnjom, jedan gram bjelančevina daje oko 4 kcal (tj. 17 kJ).

Uobičajeni način računanja energije iz bjelančevina je:

1 gram bjelančevina = 4 kcal, odnosno 17 kJ

Bjelančevine koje se nalaze u soji imaju sličnu hranljivu vrijednost kao i bjelančevine životinjskog porijekla (meso, mlijeko, riba i jaja).

3.2.2. Masti (ulja)

Masti su smjese organskih spojeva koji su po kemijskoj strukturi trigliceridi, odnosno esteri dugolančanih masnih kiselina i alkohola, glicerola, a pripadaju velikoj skupini lipida. Masti su skupina prirodnih tvari koje se nalaze u svakoj biljnoj i životinjskoj stanici, osobito u masnome tkivu kopnenih životinja, morskih sisavaca i riba te u sjemenkama viših biljaka. Dok je mast (životinjska) krute konzistencije i sadržava uglavnom zasićene masne kiseline te kolesterol, ulja (biljna) bogatija su nezasićenim masnim kiselinama, ne sadržavaju kolesterol, a sadržavaju karotenoide, vitamin E i klorofil. Također, sudjeluju u izgradnji stanica, štite naše organe i organizam od ekstremnih temperatura i bitan su izvor masnih kiselina te omogućuju apsorpciju tvari topljivih u mastima, posebno vitamina A, D, E i K.

Po proizvodnji ulja, soja je druga kultura u svijetu. Kakvoća sojinog ulja određena je različitim parametrima: sastav masnih kiselina, sastav triglicerola te količina i sastav antioksidansa prisutnih u njima. Konvencionalno sojino ulje kroz sastav masnih kiselina sadrži oko 12% palmitinske, 4% stearinske, 27% oleinske, 50% linoleinske i 7% linolenske kiselina. Za procjenu stabilnosti i nutritivne vrijednosti ulja, koristi se sastav masnih kiselina. Ovisno o genotipu i okolini, na suhu tvar sjemena, količina ulja u zrnu iznosi od 13-24%.

S obzirom da ekstrakcijom ulja iz originalnog zrna ostaju očuvani i ostali njegovi dijelovi, bogati drugim nutrijentima (proteinima, ugljikohidratima) te ulaze u daljnje postupke za dobivanje sojinih proizvoda, sojino ulje predstavlja prilično ekonomičnu, a istovremeno vrlo zdravu namirnicu. Soja je danas na globalnoj razini rangirana kao najznačajnija uljarica s učešćem od 60% u svjetskoj proizvodnji sjemena svih uljarica i sa 35% učešća u ukupnoj svjetskoj proizvodnji biljnih ulja (USDA).

Tablica 4. Masne kiseline sojinog ulja (Šimić, 1995; Šaronja, 2014)

Zasićene masne kiseline	Nezasićene masne kiseline
Laurinska	Palmitooleinska
Miristinska	Oleinska
Palmitinska	Linoleinska
Stearinska	Linolenska
Arhidonska	Ejkozenska
Behenska	

Sojin lecitin se najčešće dobiva iz različitih uljarica kao što su lan, pamuk, suncokret, uljana repica i soja. Sojin lecitin se najviše koristi zbog svojih izvrsnih svojstava: emulgiranja u prehrambenoj industriji gdje kao emulgator (E322) smanjuje površinsku napetost vode te omogućuje povezivanje ulja i masti s vodom; boje i okusa. Karakterističan sastav sojinog lecitina je: fosfatidilkolin (21%), fosfatidiletanolamin (22%), fosfatidilinozitol (19%), fosfatidna kiselina i ostali fosfatidi (5%), uz ostale komponente. Sastav lecitina ovisi o njegovom izvoru i stupnju čistoće. Ostali faktori važni za kvalitetu lecitina su boja i mikrobiološka svojstva. Uz jaja, pšenicu i kikiriki, soja je najvažniji izvor lecitina (Shurtleff i Aoyagi, 2004).

3.2.3. Ugljikohidrati

Pojam ugljikohidrata obuhvaća sve jednostavne i složene šećere: saharide i polisaharide. Molekule ugljikohidrata građene su od atoma ugljika (C), vodika (H) i kisika (O). Ugljikohidrati su vrlo rašireni u biljnomu svijetu dok namirnice životinjskog podrijetla sadrže vrlo malo ugljikohidrata. Ugljikohidrati iz hrane ponajprije jesu izvor energije za rad mišića i čitavog tijela te osim toga potpomažu probavu i upijanje drugih sastojaka hrane, sudjeluju u metabolizmu masti i bjelančevina.

Ugljikohidrati najčešće se dijele na četiri skupine: monosaharide, disaharide, oligosaharide i polisaharide (Karlson, 1988.).

3.2.4. Mineralne tvari (pepeo)

Mineralne tvari odnosno pepeo su komponente svake namirnice koji ostaje nakon spaljivanja organskog dijela . Udio pepela je ukupna količina minerala sadržanih u hrani.

Sastav pepela koji se dobije spaljivanjem namirnica, nije identičan sastavu i odnosu pojedinih mineralnih tvari u samoj namirnici. U pepelu nalazimo različite katione (K^+ , Na^+ , Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+} i dr.), koji se nalaze u obliku fosfata, klorida, oksida, silikata, zatim određene količine karbonata koji nisu prisutni u namirnici, već nastaju tijekom spaljivanja namirnica koje sadrže soli organskih kiselina (vinske, jabučne), te pepeo ponekad sadrži i druge mineralne tvari (magnezij, cink, jod i dr.), koji nisu prirodni sastav namirnica.
Utvrđivanje udjela pepela važno je zbog deklariranja proizvoda, kvalitete proizvoda, mikrobiološke stabilnost ihranjivosti.

3.2.5. Vitamini

Određivanje sadržaja vitamina u namirnicama bitno je zbog utvrđivanja biološke vrijednosti namirnica. Vitamini su organske tvari raznovrsne strukture i kemijskih svojstava, potrebne u malim količinama, a esencijalne za normalno funkcioniranje organizma (razvoj i reprodukciju). Ljudsko tijelo ih ne može sintetizirati i mora ih se uzimati putem hrane. Sudjeluju u sintezi i razgradnji ugljikohidrata, masti, bjelančevina i nukleinskih kiselina Vitamini nastaju u biljkama uz pomoć sunca te u bakterijama, a u nekim slučajevima mogu nastati u ljudskom ili životinjskom organizmu. Svi se vitamini mogu dobiti hranom, dok se vitamini D i K sintetiziraju u našem tijelu.

Poznato je 13 vitamina, koji se općenito dijele u dvije skupine, na vitamine topljive u vodi i vitamine topljive u mastima. Vitamini topljivi u mastima uključuju vitamin A, D, E i K, a vitamini topljivi u vodi su vitamin C te vitamini B kompleksa, tiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), pantotensku kiselinu (B5), piridoksin (B6), folnu kiselinu (B9), kobalamin (B12) i biotin.

Zelena soja sadrži vitamine A i B i nešto vitamina C. Suho zrno soje ne sadrži vitamin C i ima znatno manje vitamina A, ali zato sadrži gotovo tri puta više vitamina B.

Ulje od soje sadrži vitamin A i D i dobar je izvor vitamina E, F i K. Vitamin F je grupa posebnih masnih sastojaka poznatih kao nezasićene masne kiseline. Sojino ulje je jedno od najkoncentriranijih izvora tih masnih kiselina (Šaronja, 2014).

3.2.6. Voda

Voda (H_2O) je sa svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima jedinstvena tvar u prirodi a sastoji se od dva atoma vodika i jednog atoma kisika. Djeluje na mnoge fizičke,kemijske i biološke procese. U njoj se otapaju i transportiraju hranjive tvari, a voda je i građevni element same biljke. Posredno voda utječe na toplinske osobine, izmjenu plinova u tlu, mikrobiološku aktivnost tla i druge procese. Vlažnost sjemena soje je kvalitativni faktor, jer voda je sastojak sjemena koji nema hranjivih vrijednosti. Vodu koju sadrži dozrelo sjeme soje nije sva jednako vezana (Pliestić, 1995; Ritz, 1997), pa tako razlikujemo:

- **kemijski vezanu ili konstitucijsku vodu** koja je, fiziološki, najvažniji dio vode. Kemijski je vezana u škrobu, bjelančevinama i drugim organskim tvarima; zatim,
- **fizikalno-kemijski vezanu ili higroskopnu vodu** koju pojedini dijelovi zrna upijaju zahvaljujući svojoj apsorpcijskoj sposobnosti. Bubrenjem sjemena, smanjuju se pore i kapilare te sjeme upija vodu. Prilikom sušenja higroskopna voda se ne gubi u potpunosti iz sjemena;
- **fizikalno-mehanički vezanu ili mehanički vezanu vodu** koja prianja uz ovojnice sjemena kod njegova vlaženja do konstantne težine. U udubljenjima i porama voda se zadržava dulje dok sa ispupčenih dijelova sjemena voda otpušta najlakše. Mehanički vezana voda se, ukoliko se ne ispari sušenjem, potpuno mijenja u osmotsku vodu
- **osmotsku vodu** koja je čvršće vezana od mehanički vezane vode jer prodire kroz pokožicu sve do endosperma. Predstavlja razliku između maksimalne količine vezane i higroskopne vode.

3.3. SOJA KAO SIROVINA U PROIZVODNJI BIOGORIVA

Postoje različite vrste biogoriva koje se dijele na prvu i drugu generaciju ovisno o izvoru materijala za proizvodnju, troškova proizvodnje, cijeni i emisiji CO_2. Prva generacija biogoriva se temelji na proizvodnji iz šećera, škroba, biljnih ulja ili životinjskih masti, dok se za proizvodnju druge generacije koriste poljoprivredni i šumski otpad.

Prva generacija biogoriva nastaje iz različitih biljnih i životinjskih tvari. Druga generacija biogoriva dobivena je preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve generacije, biogoriva ove generacije znatno bi mogla reducirati emisiju CO2, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje i neke vrste osiguravaju bolji rad motora.

Soja kao biogorivo obuhvaća obje generacije bioenergije. U prvoj generaciji služi za proizvodnju biodizela iz sojinog ulja i sojinih masti. U drugoj generaciji iz soje koristimo žetvene ostatke koji mogu služiti kao kruto gorivo u proizvodnji peleta kao biomasa.

Jedan od danas premalo korištenih izvora energije je biomasa. Načini za dobivanje energije iz biomase su različiti. Kao biomasa za proizvodnju energije mogu se neposredno uzgajati biljke ili se mogu koristiti biljni ostatci nastali u poljoprivrednoj proizvodnji, organski otpad i životinjski izmet. Najstariji način neposrednog prevođenja biomase u energiju je izgaranje. Danas su razvijeni različiti procesi prevođenja biomase u energiju ili gorivo. Biomasa poljoprivrednog porijekla, pa tako i slama soje je vrlo prihvatljivo gorivo s gledišta utjecaja na okoliš, a pogotovo opterećenja atmosfere tvz. stakleničkim plinovima.

3.3.1. Energetska i goriva svojstva soje

Velike potrebe za energijom i energentima rezultirale su povećanjem cijena zbog ograničenih zaliha glavnog energenta - nafte. Zamjenom za dizelska goriva spominju se različita biljna ulja kao što su ulje uljane repice, suncokreta i soje. Iako su šećerna trska i zrna žitarica najvažnije i najčešće korištene sirovine u proizvodnji bioetanola, predviđeni zahtjevi za gorivom u budućnosti upućuju na nove, alternativne, ekonomične sirovine, koje će smanjiti troškove proizvodnje bioetanola. Jedan od najčešće korištenih obnovljivih izvora energije danas je lignocelulozna biomasa.

Lignoceluloza je jedan od najčešćih biopolimera u prirodi. Za razliku od zrna žitarica, u kojima je škrob najznačajniji ugljikohidrat, lignocelulozna biomasa sastoji se od celuloze (40-50%), hemiceluloze (25-35%) i lignina (15-20%) (Gray i sur., 2006.).

Lignocelulozna biomasa može se podijeliti u nekoliko skupina i to: poljoprivredni ostaci (slama, oklasak, kukuruzovina, koštice, stabljike, ljuske), šumarski ostaci i kruti komunalni otpad. Velika količina lignoceluloznoga materijala je ostatak koji potječe iz poljoprivredne proizvodnje ili industrije te otvara mogućnosti proizvodnje bioetanola u velikim količinama

Za proizvodnju obnovljivog izvora poljoprivredne biomase koristi se i biljka soje. U sojina biljna vlakna ubrajaju se i tzv. netopljivi ugljikohidrati, tj. polisaharidi, koji čine ukupno 55% svih prisutnih ugljikohidrata, što su pokazala brojna istraživanja (Modić, 2004).

U posljednje vrijeme sve više postaje očito da je današnji pristup energiji neodrživ. S obzirom da biomasa sadrži malo ili uopće ne sadrži brojne štetne tvari kao što su sumpor, teške kovine i ostale tvari koje se nalaze u fosilnim gorivima, prihvatljivo je gorivo s gledišta utjecaja na okoliš, a pogotovo opterećenja atmosfere stakleničkim plinovima, doprinosi zaštiti tla i voda te utječe na bioraznolikost.

Velika prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je njena obnovljivost i sličnost fosilnim gorivima gdje je moguća i izravna zamjena.

3.3.1.1.Sastav i energetska analiza gorivih vrijednosti soje

Gorivo je, tehnički gledano, supstanca koja kemijski reagira s kisikom (prvenstveno iz zraka) i proizvodi toplinsku energiju. Najvažniji elementi goriva su ugljik i vodik, a većina goriva se sastoji od te dvije tvari uz poželjno što manje sumpora. Goriva mogu sadržavati i nešto kisika i negorivih tvari (vodene pare, dušika i/ili pepela). Biomasa, kao kruto gorivo, sastoji se od gorivih i negorivih tvari. Energetska vrijednost biomase, ali i drugih goriva, može se prikazati njihovom gorivom vrijednošću. Biomasa se može izravno pretvoriti u energiju jednostavnim izgaranjem.

3.3.1.1.1. Gorive tvari soje

Gorive tvari su tvari koje, pod utjecajem kisika iz atmosfere, temperature dovoljne za zapaljenje uz stvaranje plamena ili žara, izgaraju uz produkte topline, plinova i nesagorivih ostataka.

Gorive tvari su: ugljik (C), kisik (O), vodik (H), sumpor (S), hlapljive tvari i ogrjevna vrijednost (H_g, H_d).

Biljna se biomasa uglavnom sastoji od ugljika (C), kisika (O) i vodika (H). Ugljik je kruta komponenta biogoriva čijom se oksidacijom otpušta sadržaj energije goriva. Uz to, daljnja se energija stvara iz vodika u procesu oksidacije koji, pribrojen energiji koju proizvede ugljik, određuje neto ogrjevnu vrijednost goriva. S druge strane, kisik samo održava progresiju procesa oksidacije

1. Ugljik (C) - Osnovni je 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.
2. Kisik (O) - Kisik sadrže gotovo sve vrste goriva. Smanjuje toplinsku vrijednost goriva vežući na sebe dio gorivih elemenata (ugljika, vodika) te ga zato smatramo nepoželjnim elementom u biomasi. Kisik ne gori, ali podržava gorenje.
3. Vodik (H) - Vodik je, uz ugljik, najvažniji sastojak svih vrsta goriva. Vodik povećava toplinsku vrijednost goriva te izgara uz stvaranje vidljivog plamena. Vodik, vezan sa ugljikom u biomasi, stvara različite spojeve i sa kisikom stvara vodu. Slobodni vodik je vezan uz ugljik, jer sudjeluje u izgaranju stvarajući vodu i oslobađajući toplinu. Vezani vodik je onaj vodik vezan uz vodu i ne sudjeluje u izgaranju, zbog toga što je spojen s kisikom i ne razvija toplinu nego već troši dio topline na isparavanje vode. Najveći postotak ugljika imaju tekuća goriva i plinovi dok kod krutih goriva postotak vodika je niži.
4. Sumpor (S) -U usporedbi sa fosilnim gorivima koja sadrže ugljik, postotak sumpora u biomasi je niži. Najveći dio sumpora ostaje u pepelu (40 do 90%), dok se iz ostatka formira nestabilni SO_2. Sumporni dioksid (SO_2) u atmosferi reagira s kisikom i vodenom parom, te tvori sumpornu kiselinu (H_2SO_4).
5. Hlapljive tvari - Smanjivanjem sadržaj kisika smanjuje se i sadržaj hlapljivih tvari u gorivu.
6. Ogrjevna vrijednost -Ogrjevna vrijednost goriva izražava količinu energije koja se otpušta tijekom potpunog izgaranja jedinice mase goriva a izražava po jedinici mase, odnosno MJ/kg. Gornja ogrjevna vrijednost (H_g) je količina topline koja se oslobađa kod potpunog izgaranja, kod čega se voda u produktima izgaranja, zajedno s njima, ohladi na početnu temperaturu. Donja ogrjevna vrijednost (H_d) je količina topline koja se oslobodi kod potpunog izgaranja kod čega voda ostaje u parnom stanju i zajedno sa drugim produktima izgaranja odlazi u atmosferu (Dimitrijević, 1984.).

3.3.1.1.2. Negorive tvari soje

Negorive tvari su: dušik (N), vlaga (H2O), pepeo, koks, fiksirani ugljik.

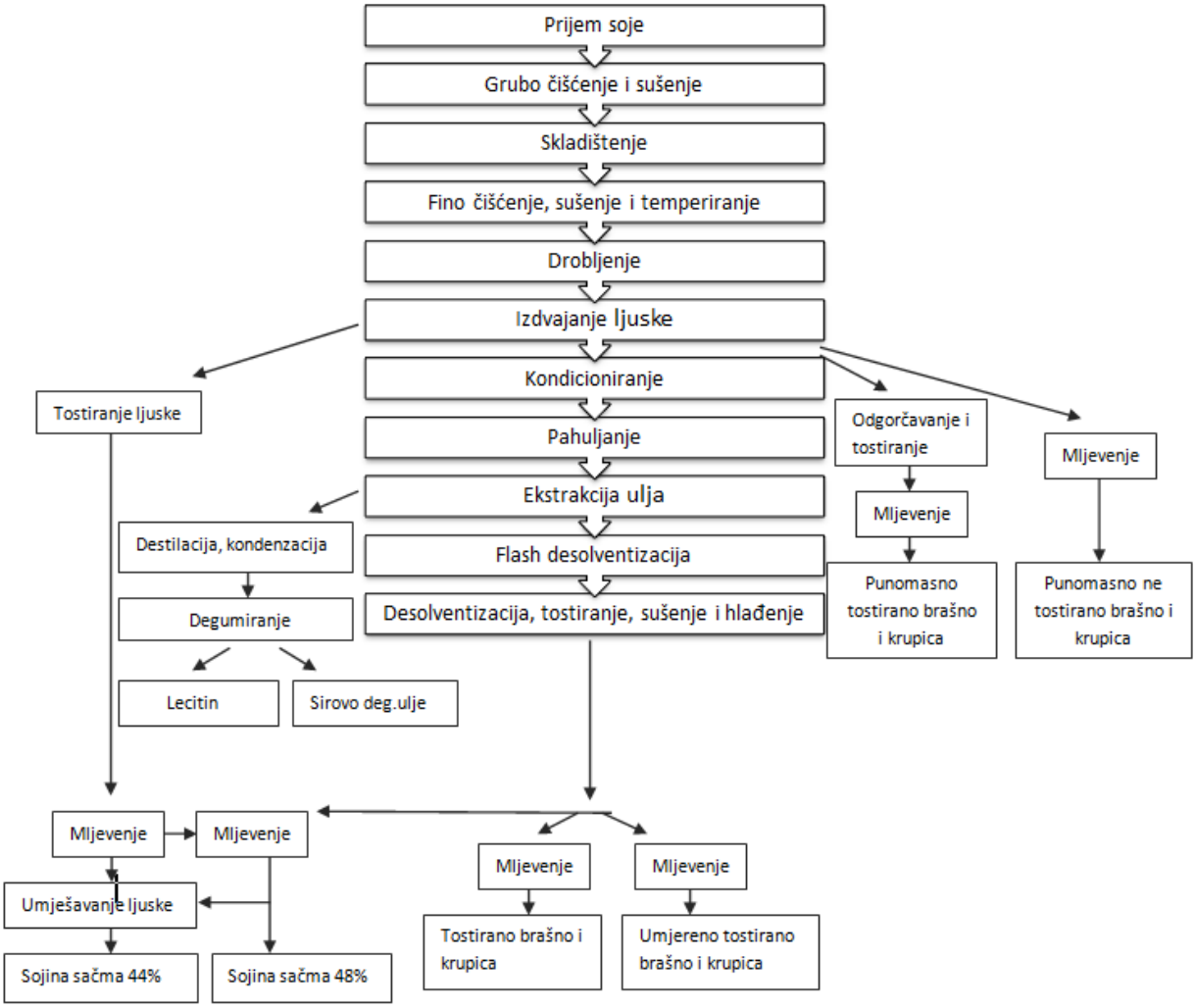
1. Dušik (N) - Dušik ne razvija toplinu, ne sudjeluje u procesu izgaranja, pa zbog toga smanjuje toplinsku vrijednost goriva kao i kisik.
2. Vlaga (H2O) - Vlaga je sadržana u biomasi u obliku grube, higroskopne i konstitucijske vlage. Vlaga smanjuje toplinsku vrijednost goriva, povećava potrošnju goriva, povećava koroziju te povećava obujam izlaznih dimnih plinova. Može se odstraniti sušenjem, te dolazi u biomasu putem zraka ili samom biljkom.
3. Pepeo - Pepeo je sastojak biomase, a cine ga nesagorive cestice. Sve te mineralne cestice povezane su s organskom materijom i nazivamo ih vezani pepeo. Pepeo uglavnom čine složeni spojevi aluminijevih i silicijevih oksida, sulfata i karbonata. Količinom pepela određuje se kvaliteta goriva, te što ga je manje gorivo je kvalitetnije.
4. Koks - Koks je ostatak suhe destilacije, gorivo je kvalitetnije ako ima više koksa. Temperatura samozapaljenja koksnog ostatka je 900 - 1200 ºC.
5. Fiksirani ugljik (Cfix) - Fiksirani ugljik nije vezan za hlapljive tvari već je čvrsto vezani ugljik koji sudjeluje u izgaranju.

3.4. TEHNOLOŠKI POSTUPCI I GLAVNI PROIZVODI PRERADE SOJE

3.4.1. Postupci u preradi sjemena soje

Hranidbena vrijednost sirove soje je relativno malena te može uzrokovati oboljenja životinja i ljudi prilikom konzumacije. Kako bi se poboljšala vrijednost sjemena soje, potrebno je provesti različite tehnološke procese prerade.

Ti procesi obuhvaćaju: prijem soje, njegovo čišćenje i sušenje, pripremu sjemena za ekstrakciju otapalom, proizvodnju sačme, sirovog sojinog ulja i lecitina, proizvodnju raznih tipova brašna i griza, tekstruiranih i ekstrudiranih bjelančevinastih proizvoda (slika 12) ovisno o veličini i modernizaciji opreme i kapaciteta za preradu (Predin i sur., 1998.).



Slika 12. Shema prerade soje (izvor:Vratarić i sur., 2008.; Šaronja, 2014)

Prihvat sjemena obavlja se preko pročistača u kojem se odstranjuju grube primjese veće i lakše od sjemena soje. Sjeme nakon toga prolazi kroz aspiratore (pročistač) za fino čišćenje odnosno mehaničkim, aerodinamičkim i magnetskim odvajanjem nečistoća (ispod 0,5%). Za ljudsku prehranu sjemena trebaju biti zdrava, ljuska i hilum žute boje, bez stranog mirisa, bez insekata i sa sadržajem bjelančevina preko 36%.. Očišćeno sjeme suši se protokom toplog zraka na vlagu oko 10% Osušeno sjeme zatim se skladišti gdje je potrebno pratiti temperaturu zbog oksidacijskih procesa Sjeme koje ne odgovara toj klasifikaciji iskorištava se za proizvodnju sačme (Predin i sur., 1998.)

3.4.2. Bjelančevinasti proizvodi od soje

Sojine bjelančevine najviše se koriste u hranidbi životinja (sojina sačma), a zatim i u industriji (brašno i krupica). Ti proizvodi sadrže i do 50% bjelančevina, te se koriste u takvom obliku ili u obliku koncentrata sa oko 70% bjelančevina i izolata sa 90-95% bjelančevina **(**Lusas 2004.).

3.4.2.1. Sojina sačma

Nusproizvodi nakon izdvajanja ulja jesu sojina sačma i sojina pogača, koje su nezamjenjive proteinska komponenta za izradu krmnih smjesa. Upotrebljava se u hranidbi svih vrsti i kategorija domaćih životinja , imaju vrlo visok sadržaj sirovih proteina (40-50%), izuzetnog kvaliteta i amino-kiselinske strukture. Sojina sačma se odlično uklapa u obroke sa zrnom žitarica.

Kvalitetu i hranjivost sojine sačme određuje količina vlakana. Sojina sačma sadrži visoku razinu energije i sirovih bjelančevina od koji su 95% prave bjelančevine dobrog aminokiselinskog sastava. Ovisno o stupnju kakvoće sadrži visokih 2,74-3,07% lizina visoke probavljivosti, 87-90% triptofana, treonina (1,7-1,95%), isoleucina (2,13-2,45%) i valina (2,20-2,50%). Sadrži malo škroba (4-5%), i slobodnih šećera (>9%), ali i dosta netopljivih vlakna (18%) uglavnom hemiceluloze i pektina. Bogata je fosforom (0,6-0,65%) koji je preko 50% iskoristiv i kalijem (>1,9%). (http://www.agroportal.hr).

3.4.2.2. Brašno i krupica

Sojino brašno je kvalitetna bjelančevinasta komponenta stočne hrane te sadrži 38 - 52% proteina. Brašno i krupica nastaju iz čistog i oljuštenog sojinog sjemena prilikom dorade te sadrže 50-54 % bjelančevina i do 3,5 % celuloze. Različitim stupnjevima termičke dorade,

može se proizvoditi netostirano, umjereno tostirano te potpuno tostirano sojino brašno ili krupica, koji mogu biti punomasni, nemasni te lecitirani.

3.5. SOJA U HRANIDBI ŽIVOTINJA

Hranidba je temelj stočarstva jer domaće životinje pretvaraju krmu u hranu za ljude. Dodatno, obrok životinja bitno određuje zdravstvenu ispravnost, visinu i kvalitetu animalnih proizvoda, očuvanje okoliša i cijenu proizvodnje u kojoj je krma najveći pojedinačni trošak. Kvalitetnom i dovoljnom količinom krme stoka se može zaštititi, ali je pritom važna vrsta i njihova hranjiva vrijednost. Zadaća znanosti o hranidbi domaćih životinja je da odredi ne samo potrebnu količinu krmiva već i vrijednosti glede sastava za vrstu i kategoriju stoke, kako bi hranidba bila dostatna, kvalitetna, potpuna i najekonomičnija.

Potrebne hranjive tvari u organizam životinje dospijevaju izvana, a biljnog su i manje životinjskog podrijetla. Te hranjive tvari (sastojci) nužne svakoj životinji, prvenstveno stoci, svakako su bjelančevine (proteini), šećeri (ugljikohidrati), celuloza, masti, vitamini, a bez vode nema ni života. Krma mora sadržavati i tvari dobivene prirodnim putem, ali i umjetnim dodavanjem deficitarnih tvari kojih u biljci nema.

Soja je jedna od najstarijih kultiviranih biljaka koja čini velik udio u hranidbi životinja. Soja se može koristiti kao krmna biljka za sijeno i silažu s kukuruzom. Koristi se kao koncentratno krmivo kao cjelovito zrno, proteinski koncentrat, te kao sačma i pogače koje su vrijedni ostatak nakon ekstrakcije ili istiskivanja ulja iz zrna, koje soja sadrži 16 - 24 %, a koristi se za ljudsku prehranu ili za izradu margarina.

Sadrži 4 puta više probavljivih bjelančevina nego kukuruz, pa je u racionalnoj hranidbi odlična nadopuna kukuruzu. Ne samo da u smjesi poboljšava omjer između probavljivih bjelančevina i ugljikohidrata, nego i poboljšava kakvoću bjelančevina. Njezine su bjelančevine, naime, najsličnije životinjskim što nije slučaj kod kukuruza.

Bogata je i masnoćama, zrno sadrži 18% masti, a vlakna svega 5,0 %. Sadrži malo karotina kao provitamina D i malo vitamina A. Zrna soje nisu bogata riboflavinom, ali sadrži više riboflavina i tianina od žitarica, od kukuruza i zobi. Od njih sadrži i više niacina.

Po hranjivoj vrijednostima sojino zrno je nezamjenjivo u intenzivnoj hranidbi životinja. Međutim da bi se ono koristilo u hranidbi stoke mora se prethodno doraditi, tj.

moraju se odstraniti štetni sastojci iz zrna kao što su tripsin inhibitor, ureaza, hipooksidaza i drugih koji kod životinja dovode do poremećaja metabolizma.

Sojina zrna mogu se užegnuti ako se dugo čuvaju za toplog razdoblja. Dobrom termičkom obradom vrijednost zrna soje se povećava za nepreživače kao što su svinje i perad, i to zbog dviju aminokiselina koje sadrže sumpor, cistin i metionin, a koje se nalaze u bjelančevinama koje nepreživači ne mogu dobro asimilirati i iskoristiti.

Za mliječnost i njezinu produkciju zrno soje potrebno je termički obraditi, dok za konje, ovce i goveda u tovu nije potrebna termička obrada. Dobro obrađena soja u zrnu ili kao uljana pogača daje dobre bjelančevine ili gotovo posve iste kao i mlijeko ili riblje brašno. Sojine uljane pogače koje se dobivaju prešanjem sadrže 41 - 43 % bjelančevina.

Uljna sačma dobivena ekstrakcijom sadrži 44 % - 46 % bjelančevina i oko 5,3 % masti. Pogače i sačme imaju malo vlakna, a po probavljivosti zauzimaju vrlo visoko mjesto. Siromašne su kalcijem Ca (0,29 %) i fosforom P (0,66 %), a pogače vitaminom D. Ako su pogače kuhane vrlo su dobre u hranidbi svinja i peradi, a mirisom i okusom podsjećaju na grah. Može se kazati da su sojine pogače jedan od najboljih bjelančevinastih dodataka visoke kakvoće, jer sadrže bjelančevine visoke kakvoće i bolje su od drugih uobičajenih bjelančevinastih dodataka biljnog podrijetla.

Mljeveno sojino zrnje odličan su bjelančevinasti dodatak za krave muzare, a vrijedne su i za telad u dobi 2 - 3 mjeseca. Obrok mora biti dobro izbalansiran jer suviše zrnja soje djeluje laksativno. Soja je i vrlo važan dodatak obrocima u tovu, goveda i za rasplodnu stoku. Soje u obroku ne smije biti previše, zbog laksativnosti i proljeva te probavnih tegoba.

Tovnoj teladi bolje je kao dodatak obroku davati zrnje soje nego pogače, dok se u hranidbi svinja najčešće koristi sojina sačma.

3.6.TERMIČKA OBRADA SJEMENA SOJE

Dorada toplinom mora onemogućiti djelovanje štetnih tvari u zrnu soje ali i povećati hranjive vrijednosti. To se može postići tijekom sušenja ili naknadnom doradom osušenog sjemena. Prve faktore koji nepovoljno utječu na iskorištavanje soje i mogućnost uporabe soje za hranidbu domaćih životinja, istaknuli su Osbornea i Mendela. Međutim, svaki termički tretman soje izaziva Mailardove reakcije, a karakterizira ga promjena boje u tamniju. U kemijskom smislu, to je neenzimatski proces povezivanja aldehidnih grupa šećera, sa slobodnim amino grupama proteina. Ovako nastali složeni spojevi šećera i proteina, otporniji su prema enzimatskoj hidrolizi u usporedbi sa normalnim peptidima, što naravno ovisi od visine temperature i vremena trajanja procesa termičke dorade soje (Adrian, 1974.).

Glavni štetni sastojci sirovog sjemena soje su spojevi bjelančevina koji smanjuju djelovanje enzima koji pospješuje razgradnju ostalih bjelančevina, a nazivaju se tripsininhibitori. Sirovo sjeme soje također sadrži bjelančevinama slične tvari- glukoproteidi koji uzrokuju zgrušavanje crvenih krvnih zrnaca, a prepoznatljivi su pod nazivom hemaglutinini. Ureaza-enzim je također štetni sastojak koji prilikom ishrane sirovim zrnom soje pospješuje brzu razgradnju uree u buragu te nastaje plin amonijak (NH_3)koji napuhuje i djeluje otrovno.

Neutralizaciju štetnih sastojaka možemo postići djelovanjem topline, vode, tlaka i vremena različitim tehnološkim postupcima koji se koriste u termičkoj doradi (Katić, 1997), a to su: konvekcijsko sušenje, unutarnje grijanje (infra crveno zračenje i mikronizacija), tlačenje (ekstrudiranje), kondukcijsko sušenje – tostiranje i kombinacija ovih postupaka.

3.6.1. Konvekcijsko sušenje

Konvekcijsko sušenje je proces kojim se potrebna toplina dovodi upuhivanjem toplog zraka, omogućavajući pritom isparavanje vlažnih komponenti. Toplina potrebna za isparavanje konvekcijski se prenosi na izloženu površinu materijala, a isparena vlaga se odvodi pomoću sušnog medija. Ovim postupkom omogućava se da ne dođe do nutritivnih promjena tijekom određenog vremena čuvanja (Krička i sur., 2003.). Na efekt sušenja utječe zrak svojim toplinskim intenzitetom, relativnom vlažnošću, brzinom strujanja i konstrukcijom sušare (Krička 1993.; Katić i sur., 1994.). Temperatura zraka kojom se suši treba prilagoditi osobinama proizvoda i njegovoj namjeni.

3.6.2. Kondukcijsko sušenje – tostiranje

Kondukcijsko sušenje ili tostiranje je proces termičke obrade soje koja zadržava proteine, bjelančevine i masti potrebne za ishranu životinja**.** Postupak prženja zrna traje 5-10 minuta na temperaturi 120-140 ºC (Vratarić i sur., 2008.). Poznata su dva načina tostiranja: hidrotermičko i suho tostiranje. Hidrotermičkotostiranje obuhvaća postrojenje-reaktor za hidrotermičku obradu u koje se uvodi pregrijana vodena para temperature oko 130 ºC, pod tlakom od 3 bara dok suho tostiranje isijava infracrvene zrake podižući temperaturu do 160 ºC.

Kapacitet suhog tostiranja kreće se od 150-9000 kg/h, dok je pogonsko gorivo plin ili loživo ulje. Tostiranje ovisi o tri čimbenika: o vlazi tostiranog proizvoda, o vremenu tostiranja te o temperaturi zraka u tosteru.

Prilikom tostiranja na visokim temperaturama uništava se nepovoljno djelovanje ureaze i tripsininhibitora u sirovom sojinom zrnu. Termičkom obradom povećavamo probavljivost i iskoristivost i hranidbenu vrijednost sirovine.

Tostirana soja sadrži oko 18% ulja, a to omogućuje da životinje unesu više energije s manjom količine hrane, te sadrži 10% nezasićene linoleinske kiseline koja je bitna za zdravlje i rasplod životinja, a koju životinje ne mogu same sintetizirati. Termički dorađenom sojom značajno se povećava mliječnost, kakvoća mesa te masnoća mlijeka (Novoselić i sur., 1991.).

3.6.3. Mikronizacija

Mikronizacija, je postupak kratkotrajnog izlaganja materijala visokoj temperaturi pomoću elektromagnetskoga zračenja u infracrvenom području, često se primjenjuje za poboljšanje stabilnosti pri skladištenju cjelovitoga brašna žitarica, a koristi u cilju poboljšanja nutritivnih i fizikalno-kemijskih karakteristika sirove soje uz smanjenje postojećih antinutritivnih tvari u sjemenu. Izvodi se kontinuiranim provođenjem sloja zrna ispod specijaliziranih keramičkih radijatora koji emitiraju infracrveno zračenje. Prilikom mikronizacije dolazi do bubrenja škrobnih granula i razaranja ćelija a zatim i do ubrzanog zagrijavanja zrna do temperature od 150 ºC i opadanja vlažnost do 7%. Navedeni proces traje od 40-50 sekundi do kritične temperature koja izaziva destrukciju i prskanje kada se sjeme podvrgava efektu valjka. Rezultat procesa je pahuljičasti proizvod sa škrobom u želatiniziranom stanju.

3.6.4. Ekstrudiranje

Ekstrudiranje je postupak u kojem se tijeskom protiskuje zrno kroz otvore matrice pomoću visokog tlaka postignutog pužnicom. Ekstrudiranjem sojinog zrna eliminiramo štetne tvari iz zrna i ujedno aktiviramo proteine. U procesu ekstrudiranja zrno soje se usitnjava i zagrijava do temperature od 120-135°C. Postoje dva načina prženja sojina sjemena: prženje na visokim temperaturama u sušioniku i prženje u bubnju.

Princip najsuvremenijih ekstrudera je HT-ST (”High Temperature - Short Time”) baziran je na kratkotrajnom vremenu (20-30 sekundi) i na visokoj temperaturi, osigurava visok tretman ovim postupkom dorade. Postoje ekstruderi sa jednom pužnicom i ekstruderi sa dvije pužnice (http://www.tehnologijahrane.com).

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno 2015. godine na Sveučilištu u Zagrebu, Agronomskom fakultetu u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport.

Uzorci su prikupljeni na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu, u Šašinovcu nasumičnim odabirom deset biljaka od svake sorte. Sorte su bile zasijane na površinama od pola hektara, te su imale jednaku primjenu zaštite i prihrane. U pripremi uzoraka mjerene su visine biljaka, broj mahuna, broj zrna po biljci, dubina korijena te visina košnje u žetvi. Zatim su navedeni uzorci, zasebno za svaki kultivar, samljeveni te pripremljeni za daljnje ispitivanje.

4.1. Korištene sorte u istraživanju

Za istraživanje iskoristivosti soje različitih kultivira, te za potrebe proizvodnje biogoriva i hranidbu životinja, korištene su sorte soje: Gala PZO, Slavonka, Gordana, Sivka, Lucija, Zagrepčanka, Ana, Sanja i Mira.

4.1.1. Sorta Gala PZO

Sorta Gala PZO (slika 13) niža je biljka unutar svoje vegetacijske grupe O – I. Boja cvijeta je ljubičaste boje, a boja hiluma sjemena je tamno smeđa. Masa 1.000 zrna je oko 180 grama a sadržaj proteina i ulja je prosječan. Prinos zrna je izuzetno visok i preporučena sjetva po ha je 450 000 – 500 000 biljaka po hektaru. Sije se na međuredni razmak od: 12,5 cm, 25 cm, 50 cm, 70 cm, a razmak u redu je od 4 - 8 cm.



Slika 13: Sorta Gala PZO (izvor: http://rwa.hr/sjeme/soja/)

4.1.2. Sorta Slavonka

Sorta Slavonka (slika 14) selekcionirana je na Pokušalištu Agronomskog fakulteta u Šašinovcu i priznata je od komisije za priznavanje sorata 1988. godine. To je srednje rana sorta (I grupa zriobe). Visina biljke u zriobi je srednja. Ljubičastog je cvijeta, sivih dlačica, žutog zrna sa smeđim hilumom. Veličina sjemena je srednja, a oblik izdužen. Sije se na međuredni razmak od 12,5 cm, 25 cm, 50 cm, 70 cm, a na razmak biljaka u redu od 4,5-8,5 cm. Optimalna gustoća sklopa iznosi oko 400.000-450.000 biljaka po hektaru. Prosječna dužina vegetacije je oko 130-135 dana.



Slika 14: Sorta Slavonka (izvor: www.agroklub.com)

4.1.3. Sorta Gordana

Sorta Gordana (slika 15) selekcionirana je na Pokušalištu Agronomskog fakulteta u Šašinovcu i priznata je od komisije za priznavanje sorata 1987. godine. To je kasna sorta soje (II grupa zriobe). Ljubičastog je cvijeta, žuto smeđih dlačica, zeleno žutog zrna sa tamno smeđim hilumom, sorta je visokog rasta. Veličina sjemena je velika, a oblik izdužen. Sije se na međuredni razmak od 12,5 cm, 25 cm, 50 cm, 70 cm, a na razmak biljaka u redu na oko 5-9 cm. Optimalna gustoća sklopa iznosi oko 350.000-400.000 biljaka po hektaru. Dužina za punu vegetaciju, od nicanja do zriobe, iznosi oko 140-145 dana.



Slika 15: Sorta Gordana (izvor: www.agroklub.com)

4.1.4. Sorta Sivka

Sorta Sivka (slika 16) selekcionirana je na Pokušalištu Agronomskog fakulteta u Šašinovcu i priznata je od komisije za priznavanje sorata 1976. godine. To je rana sorta soje (0 grupa zriobe). Ljubičastog je cvijeta, sivih dlačica, žutog zrna sa sivim hilumom, sorta je srednjeg rasta. Veličina sjemena je mala, a oblik okrugao. Sije se na međuredni razmak od 45-50 cm, a na razmak biljaka u redu na 4 - 8 cm. Optimalna gustoća sklopa iznosi oko 500.000 biljaka ha-1. Dužina vegetacije iznosi 115-125 dana.



Slika 16: Sorta Sivka (izvor: www.agroklub.com)

4.1.5. Sorta Lucija

Potencijal rodnost sorte Lucije (slika 17) je do 5 t/ha. Specifičnost ove sorte je velik broj mahuna koje sadrže po četiri zrna. Visoke je tolerantnosti na glavne bolesti, i otpornosti na polijeganje, a s obzirom na ranozrelost i visoke otpornosti na pucanje mahuna. Zrno je visoke kakvoće, bjelančevina oko 41%, a ulja i iznad 23%. Visina biljaka je od 85 do 120 cm, indeterminiranog tipa rasta. Cvijet je ljubičast, dlačice su tamnožute, a hilum siv. Masa 1000 zrna je od 185 do 200 g. Sijati na sklop do 700 000 biljaka/ha. Zbog ranozrelosti pogodna je za naknadnu i postrnu sjetvu. Pripada grupi zriobe 00-0 (vrlo rana sorta).



Slika 17: Sorta Lucija (izvor: www.agroklub.com)

4.1.6. Sorta Zagrepčanka

Sorta Zagrepčanka (slika 18) pripada I vegetacijskoj skupini, ima čvrstu stabljiku, obrasla je sivim dlačicama i u zriobi je uglavnom uspravna. List joj je ovalan, svjetlije zelene boja i obrastao je sivim dlačicama. Cvijet joj je ljubičaste boje, mahuna sivo-smeđe boje, obrasla sivim dlačicama. Mahuna sadrži dvije do tri sjemenke koje su čvrste i ne pucaju u zriobi. Sjeme je okruglo, svijetložute boje, smeđeg hiluma a masa 1000 sjemenki iznosi 170-180 grama. Potencijal rodnosti Zagrepčanke iznosi 5 t/ha, dobro je otporna na plamenjaču, sadržaj bjelančevina je 34-40% a sadržaj ulja 18-20%. Preporučeni sklop je od 550 000 do 580 000 biljaka/ha.



Slika 18: Sorta Zagrepčanka (izvor: www.agroklub.com)

4.1.7. Sorta Ana

Sorta Ana (slika 19) pripada vegetacijskoj skupini 0, čvrste je stabljike i otporna je na polijeganje. Potencijalna rodnost joj iznosi 5t/ha, dobre je otpornosti na plamenjaču te je preporučeni sklop 580 000 do 650 000 biljaka/ha. Sadržaj ulja iznosi 19-23% dok je sadržaj bjelančevina 35-40%. List ima izdužene liske, boja dlačica je siva, boja cvijeta je ljubičasta a sjeme je okruglo i sivog hiluma.



Slika 19: Sorta Ana (izvor: vlastiti izvor)

4.1.8. Sorta Sanja

Sorta Sanja (slika 20) pripada vegetacijskoj skupini 0-I. Čvrste je stabljike, obrasla je sivim dlačicama, uspravna je u zriobi, ponekad ljubičasto obojena i dobro se grana. List joj je ovalan, zašiljenog vrha, svijetlozelene boje i obrastao je sivim dlačicama. Cvijet je ljubičaste boje. Mahuna je sivo-smeđe boje, obrasla sivim dlačicama te sadrži dvije do tri sjemenke u mahuni koje su čvrste i ne pucaju u zriobi. Sjeme je okruglo, svijetložute boje, smeđeg slabije izraženog hiluma a masa 1000 sjemenki iznosi 170-180 grama. Potencijal rodnosti iznosi 5 t/ha uz preporučeni sklop 550 000 do 600 000 biljaka/ha. Sadržaj bjelančevina joj je 34-40 % a sadržaj ulja 18-20%.



Slika 20: Sorta Sanja (izvor: : http://www.agroklub.com)

4.1.9. Sorta Mira

Sorta Mira (slika 21) pripada vegetacijskoj skupini 00. Čvrste je stabljike i otporna je na polijeganje. List ima ovalne liske, boja dlačica je siva, a boja cvijeta bijela. Sjeme je okruglo, žutog hiluma i ima dobru otpornost na plamenjaču. Potencijalna rodnost joj iznosi 5 t/ha uz preporučeni sklop 600 000 do 700 000 biljaka/ha. Sadržaj bjelančevina je 35-40% a sadržaj ulja 20-23%.



Slika 21: Sorta Mira (izvor: : http://www.agroklub.com)

4.2.Kondukcijsko sušenje tostiranjem

Kondukcijsko sušenje tostiranjem provelo se pomoću laboratorijskog tostera. Uzorci soje bili su termički obrađeni tostiranjem na tri različite temperature od 120, 140 i 160°C u vremenu od 12, 24, 36, 48 i 60 minuta (slika 22.).



Slika 22: Tostiranje soje u laboratorijskom tosteru (izvor: vlastiti)

4.2.1. Laboratorijski model tostera

Laboratorijski toster (slika 23) sastoji se od kućišta s vratima u kojem je ugrađena perforirana ploča dimenzije 800 x 800 mm. Vrući zrak iz tostera izvlači se pomoću aksijalnog ventilatora. Na tosteru su ugrađene 3 PT 1000 sonde za mjerenje temperature zraka na ulazu i izlazu iz tostera, te temperatura zrna soje u struji zraka. Početna regulacija temperature zraka je ručna, a zatim se prebacuje automatski. Mjerenje brzine zraka nakon prolaska kroz sloj uzorka obavljena je pomoću digitalnog anemometra marke Testo, Model 400, Velika Britanija. Područje očitanja digitalnog anemometra je od 0,3 do 30 m/s, uz točnost od ± 0,2 m/s.



Slika 23: Laboratorijski toster (izvor: vlastiti)

4.3. Nutritivna i energetska svojstva stabljike i sjemena soje

Nutritivna svojstva stabljike i mahune, te energetska svojstva sjemena soje ispitivana su prije termičke dorade, a sjeme i nakon termičke obrade kondukcijskim sušenjem tostiranjem. Od nutritivnih karakteristika stabljike, mahune i sjemena određen je: sadržaj vode, pepela, škroba, sirovih masti i bjelančevina, a od energetskih karakteristika u sjemenu određen je: sadržaj vode, pepela, koksa, ogrjevna vrijednost i udio ukupnog ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S), kisika (O).

4.3.1. Kemijske analize stabljike i sjemena soje

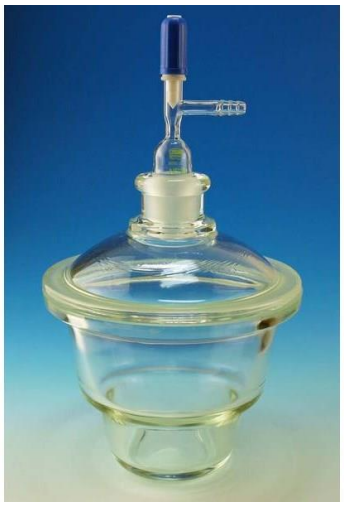
4.3.1.1. Određivanje udjela vode stabljike i sjemena soje

Određivanje udjela vode provodi se u laboratorijskoj sušnici (slika 24). (INKO ST - 40, Hrvatska) prema protokolu (NREL/TP-510-42621) s mogućnošću regulacije temperature od 40 do 240ºC. Točnost mjerenja je ±0,1ºC, a volumen radnog prostora 20 L. Mjerenjem mase, uzorka prije i poslije sušenja, na temperaturi od 105°C u laboratorijskoj sušnici, odredi se količina isparene vode.



Slika 24: Laboratorijska sušnica (izvor: vlastiti)

U staklenu posudicu stavi se oko 2-3 g uzorka jezgre i ljuske soje, poklopi i mjeri sa točnošću ±1 mg. Zatim se posudica sa uzorkom stavlja sušiti na 105°C. Poslije sušenja u trajanju od 3 sata do konstantne mase, posudica se još u sušnici zatvori poklopcem i stavi u eksikator (slika 25).



Slika 25: Eksikator (izvor: vlastita arhiva)

4.3.1.2. Određivanje udjela pepela stabljike i sjemena soje

Određivanje udjela pepela provodi se prema protokolu (CEN/TS 14775:2004) u mufolnoj pećnici Nabertherm B170 (Lilienthal, Njemacka) (slika 26). Tokom žarenja pri 550ºC sagorijevaju organske tvari iz uzorka, a u porculanskoj posudici zaostaju mineralne tvari (pepeo). Između 2-3g uzorka stabljike i sjemena soje stavi se u prethodno ižarenu, ohlađenu i izvaganu porculansku posudicu. Nakon toga posudica se stavlja u mufolnu pećnicu na temperaturu od 550ºC u vremenu od 5 do 6 sati.



Slika 26: Mufolna pećnica (izvor: vlastiti)

4.3.1.3.Određivanje udjela ukupnog ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S) kisika (O)

Određivanje udjela ukupnog ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S) i kisika (O) provodi se metodom suhog spaljivanja na Vario CHNS Analizatoru (ElementarAnalysensystemeGmbH, Njemačka) (slika 27), prema protokolu za ugljik (C),

vodik (H), dušik (N) i kisik (O) (HRN EN 15104:2011) i sumpor (S) (HRN EN 15289:2011). Postupak se bazira na spaljivanju uzorka u struji kisika na 1150ºC uz prisutnost volfram (VI) oksida kao katalizatora. Prilikom spaljivanja oslobađaju se: NOX, CO_2, SO_3 i H_2O plinovi. U redukcijskoj koloni, koja je zagrijana na 850ºC, uz pomoć bakra kao redukcijskog sredstva, NOX plinovi se reduciraju do N_2, a SO_3 plinovi do SO_2.

Količina kisika dobiva se matematičkim izrazom:

$O = 100 – C – H – N – S$ [%]



Slika 27: CHNS Analizator (izvor: http://www.depts.ttu.edu)

4.3.1.4. Određivanje udjela sirovih bjelančevina

Određivanje udjela sirovih bjelančevina provodi se metodom po Kjeldahl-u (HRN ISO 1871:1999), digestionoj jedinici K 12 (BehrLabortechnikGmbH, Njemačka) kod čega se organska tvar razori grijanjem sa sumpornom kiselinom uz prisustvo katalizatora i soli (K_2SO_4 ili Na_2SO_4) koja povisuje vrelište kiselini. Kod toga se sav proteinski i neproteinski dušik osim nitrata i nitrita prevede u amonijev sulfat. Dodatkom natrijeve lužine oslobađa se amonijak koji se predestilira u određenu količinu kiseline (c=0,01 mol/L), a višak kiseline se retitrira s lužinom (c=0,01 mol/L). Iz rezultata titracije se % N u uzorku, s množenjem %-tka N s određenim faktorom dobiva se % cjelokupnih sirovih bjelančevina u uzorku. Odvagne se od 1 do 2 g (±0,001) homogeniziranog uzorka i prebaci na suhu tikvicu od 500 ml. Zatim se u tikvicu doda 15 do 25 ml koncentrirane sumporne kiseline, oko 10 g smjese soli (Na_2SO_4 + $CuSO_4$) te dvije staklene kuglice. Tikvica se u digestoru lagano zagrijava plamenikom. Kad se reakcija u tikvici smiri grije se jace uz češće okretanje tikvice. Spaljivanje je završeno kad zaostane bistra plavo-zelena tekućina. Kad se sadržaj u tikvici ohladi razrijedi se destiliranom

vodom i prenese se u odmjernu tikvicu od 200 do 250 ml i nadopuni destiliranom vodom do oznake. Nakon toga se odpipetira 10 ml otopine preko lijevka u aparat za destilaciju po Parnas-Wagner-u te se doda 1 kap fenolftaleina i 10 ml 30% tne otopine NaOH. Istovremeno se Erlenmeyerova tikvica od 100 ml napuni sa 20 ml 0,01 mol/L HCl i 0,5 ml Tashiro-vog indikatora i postavi ispod hladila tako da je vrh cijevi uronjen u predloženu kiselinu. Nakon toga se spusti voda kroz hladilo i grije tikvica za razvijanje vodene pare. Od početka destilacije iz destilacijske tikvice destilira se 4 do 5 minuta s uronjenom cijevi te se destilacija nastavi još 2 do 3 minute. Cijev se opere s vodom, tikvica se skine s stalka i odmah titrira natrijevim hidroksidom do promjene boje. Nakon završetka destilacije prekine se grijanje vode, pa ce se prilikom hlađenja aparature zbog razlike tlakova sadržaj destilacijske tikvice isprazniti u recipijent. Isti postupak se obavlja i za slijepu probu.

Postotak sirovih bjelančevina se dobiva prema formuli:

$$\% \text{ Bjelančevina} = \frac{(b_s - b) \cdot f \cdot 0{,}14}{c \cdot 10}$$

gdje je:
% Sirovih bjelančevina = % N x 6,25
b = ml NaOH (c = 0,01 mol/L) utrošenih za retitraciju probe,
= ml NaOH (c = 0,01 mol/L) utrošenih za retitraciju slijepe probe,
c = masa uzorka (g) u alikvotnom dijelu uzetom u konačni postupak.

4.3.1.5. Određivanje udjela sirovih masti

Određivanje udjela masti obavlja se pomoću Soxhlet ekstraktora (slika 28) R 304 (BehrLabortechnikGmbH, Njemačka) prema protokolu (HRN ISO 6492:2001). Tikvica po Soxhletu s nekoliko kuglica za vrenje se prethodno mora osušiti na temperaturi od 105ºC jedan sat, zatim se hladi u eksikatoru 30 minuta te se nakon toga važe na analitičkoj vagi. U celulozni tuljac (slika 29)za ekstrakciju odvaže se oko 5 g uzorka, te se zatim stavi u ekstraktor i doda oko 250 ml petroletera. Ekstrakcija traje 6 sati. Tikvica se suši u sušioniku na temperaturi od 105ºC jedan sat, a zatim hladi u eksikatoru 30 minuta i važe na analitičkoj vagi.

Postotak sirovih masti se dobiva prema formuli:

$$\% \text{ Masti} = \frac{(m_{1-} m_0) \cdot 100}{m_{uzoraka}}$$

gdje je:

- masa posudice nakon ekstrakcije (g),

- masa posudice prije ekstrakcije (g),
- masa uzorka u tuljcu (g).



Slika 28: Soxhlet ekstraktor
(izvor: vlastiti izvor)



Slika 29: Celulozni tuljci
izvor: (http://www.vet.bg.ac.rs)

4.3.2. Energetske analize stabljike i sjemena soje

4.3.2.1. Određivanje gornje i donje ogrjevne vrijednosti

Gornja ogrjevna vrijednost određuje se prema metodi (HRN EN 14918:2010) kalorimetrom (slika 30) (IKA C200 AnalysentechnikGmbH, Njemačka). Rad kalorimetra zasniva se na tome da se toplinska energija, koja se oslobađa kod izgaranja uzorka unutar kalorimetrijske bombe (slika 31), utroši na povećanje temperature kalorimetrijske vode i kalorimetrijske bombe. Princip rada bombe kalorimetra je adijabatski, što znaci 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 25ºC. U praznu posudicu odvaže se oko 0,5-2 g uzorka ljuske soje. Posudica s uzorkom se 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 L vodovodne vode u spremnik za vodu pri čemu njena temperatura mora biti između 23-26ºC, 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 30: Kalorimetar



Slika 31: Kalorimetrijska bomba (izvor: http://mrie.insa-rouen.fr)

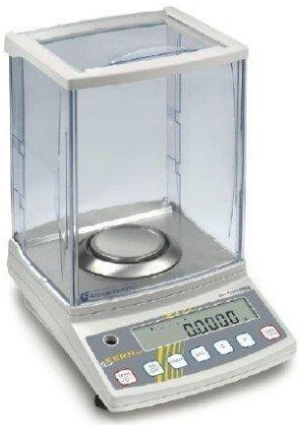
Donja ogrjevna vrijednost je onaj dio ogrjevne vrijednosti koji se dobiva kad se dimni plinovi ohlade samo do temperature iznad rosišta vodene pare (para sumporne kiseline, ako gorivo sadrži sumpor). Donja ogrjevna vrijednost manja je od gornje ogrjevne vrijednosti za toplinu koja je utrošena na isparavanje vode i sumporne kiseline iz goriva ili vode nastale pri gorenju.

4.3.2.2. Određivanje udjela koksa

Određivanje udjela koksa provodi se prema protokolu (CEN/TS 15148:2005). Udio koksa određuje se izgaranjem 1,5 g uzorka u mufolnoj (slika 32) pećnici Nabertherm B170 (Lilienthal, Njemačka) na 900ºC, gdje se uzorak spaljuje 4 minute. Dobivena razlika prije i nakon spaljivanja je koks, koja je dobivena odvagom na analitičkoj vagi (slika 33).



Slika 32: Mufolna peć (izvor: vlastiti)



Slika 33: Analitička vaga (izvor: vlastiti)

4.3.2.3. 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 (%)

4.3.2.4. Određivanje udjela gorive tvari

Određivanje udjela gorive tvari provodi se prema protokolu (CEN/TS 15148:2005). Goriva tvar je dio biomase koji izgaranjem daje toplinu. Goriva tvar su sve čestice koje su sagorive.

Količinu gorive tvari dobivamo prema izračunu:

Goriva tvar = 100 – vlaga – pepeo (%)

4.3.2.5. Određivanje udjela hlapljive tvari

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

Hlapljiva tvar = goriva tvar – fiksirani ugljik (%)

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Istraživanje je provedeno na devet kultivara soje, a na temelju tih podataka utvrdit će se koji je kultivar kvalitetan za hranidbu, a koji za biogorivo.

5.1. MORFOLOŠKE OSOBINE UZORAKA KULTIVARA SOJE

U tablici 5. prikazana je prosječna vrijednost morfoloških osobina različitih kultivara soje. Prosječna vrijednost dobivena je izračunom morfoloških osobina deset nasumično odabranih biljaka.

Tablica 5. Morfološke osobine proučavanih sorata soje

Istraživani faktori	Visina biljke	Visina košnje u žetvi	Broj mahuna	Dubina korijena	Broj zrna
Lucija	142 cm	15 cm	50	16 cm	144
Zagrepčanka	215 cm	15 cm	45	16 cm	100
Sanja	170 cm	15 cm	40	16 cm	87
Ana	125 cm	15 cm	34	13 cm	87
Mira	152 cm	15 cm	39	13 cm	82
Slavonka	136 cm	15 cm	22	16 cm	56
Sivka	122 cm	15 cm	20	11 cm	60
Gordana	110 cm	15 cm	14	14 cm	33
GallaPzo	119 cm	15 cm	31	14 cm	76

Kod svake biljke izmjereni su: visina biljke, broj mahuna na biljci, dubina korijena biljke te broj zrna po biljci. Sukladno mjerenjima različitih parametara, izračunat je prosjek određenog kultivara kroz deset biljaka. Temeljem izračuna prosjeka možemo zaključiti da svi kultivari imaju različita fizikalna svojstva koja određuju osobine tih kultivara.

5.2.Energetske i nutritivne karakteristike

U tablici 6 prikazane su vrijednosti vlage, pepela, koksa, fiksiranog ugljika i dušika (N) prirodnih uzoraka stabljike od devet sorata soje izražene u postocima.

Tablica 6. Negorive tvari prirodnih uzoraka stabljike

Istraživani faktori	Voda (%)	Pepeo (%)	Koks (%)	Fiksirani ugljik (%)	Dušik (N) (%)	Mast (%)
Lucija						
Stabljika	3,922	4,067	18,731	13,924	0,482	1,707
Zrno	5,383	5,131	18,364	11,080	5,022	19,176
Zagrepčanka						
Stabljika	5,789	4,775	17,469	11,682	0,509	0,956
Zrno	5,972	4,623	14,104	11,460	5,730	18,533
Sanja						
Stabljika	6,658	3,426	20,208	15,446	0,492	4,117
Zrno	5,475	5,247	18,447	12,191	6,392	26,019
Ana						
Stabljika	4,969	3,047	17,612	13,687	0,581	1,867
Zrno	5,428	5,113	17,398	11,340	6,873	16,211
Mira						
Stabljika	5,944	3,934	17,463	12,491	0,637	1,489
Zrno	5,011	5,099	12,472	6,762	6,224	19,164
Slavonka						
Stabljika	6,208	2,173	47,289	11,228	0,471	1,241
Zrno	6,132	4,865	18,362	12,357	6,333	17,143
Sivka						
Stabljika	6,360	1,872	15,012	12,188	0,577	1,124
Zrno	5,852	4,677	17,152	11,471	6,493	16,434
Gordana						
Stabljika	6,530	3,579	15,358	10,776	0,376	2,145
Zrno	5,958	4,751	18,296	12,455	6,316	16,531
GallaPzo						
Stabljika	6,311	2,308	14,884	11,637	0,521	1,336
Zrno	6,358	5,482	17,767	11,156	6,292	21,950

Sadržaj vode stabljike kretao se od 3,922% kod sorte Lucija do 6,658 % kod sorte Sanja. Sadržaj vode u zrnu kretao se od 5,011% kod sorte Mira do 6,358 kod sorte Galla PZO.

Sadržaj pepela u stabljici kretao se od 1,872 % kod sorte Sivka do 4,775 % kod sorte Zagrepčanka. Sadržaj pepela u zrno se kretao od 4,623% kod sorte Zagrepčanka do 5,482% kod sorte Galla PZO. Sadržaj vode i pepela kao energetskih karakteristika nije poželjno svojstvo i što ih je manje, gorivo je bolje.

Sadržaj koksa u stabljici kretao se od 14,884% kod sorte Galla PZO do 20,208% kod sorte Sanja. Sadržaj koksa u zrnu kretao se od 12,472% kod sorte Mira do 18,447 kod sorte Sanja. Za razliku od vode i pepela sadržaj koksa je pozitivna karakteristika i što se javlja u većoj količini, gorivo je bolje kvalitete.

Sadržaj fiksiranog ugljika u stabljici kretao se od 10,776% kod sorte Gordana do 15,446% kod sorte Sanja. Sadržaj fiksiranog ugljika u zrnu kretao se od 6,762% kod sorte Mira do 12,455% kod sorte Gordana.

Sadržaj dušika u zrnu kretao se od 5,022% kod sorte Lucija do 6,873% kod sorte Ana. Sadržaj dušika u stabljici kretao se od 0,376% kod sorte Gordana do 0,637% kod sorte Mira. Pošto sadržaj dušika smanjuje toplinsku vrijednost goriva, dobro je što ih ima u malim količinama u ispitivanim uzorcima.

Sadržaj masti u stabljici kretao se od 0,956% kod sorte Zagrepčanka do 4,117% kod sorte Sanja. Sadržaj masti u zrnu se kretao od 16,434% kod sorte Sivka do 26,019% kod sorte Sanja. Sadržaj i postotak masti su poželjne i bitne osobine u proizvodnji stočne hrane, jestivog ulja te proizvodnji biodizela, isto tako i količina masti u stabljici u proizvodnji biomase.

Prema dobivenim rezultatima vidljivim u tablici 6. možemo primijetiti da se ističu sorte Lucija i Zagrepčanka po minimalnim vrijednostima, a sorte Sanja i Gordana po maksimalnim vrijednostima što se može pripisati sortnim osobinama.

U svrhu usporedbe istraživanih rezultata stabljike soje, nisu poznata slična istraživanja, dok su za zrno slične rezultate postigli Kiš i sur. (2013) te Šaronja (2014).

U tablici 7. prikazane su vrijednosti ugljika (C), sumpora (S), vodika (H) i kisika (O) prirodnih uzoraka zrna i stabljike soje od devet sorata soje izraženih u postocima.

Tablica 7. Gorive tvari prirodnih uzorka zrna i stabljike soje

Istraživani faktori	Ugljik (C) (%)	Sumpor (S) (%)	Vodik (H) (%)	Kisik (O) (%)
Lucija				
Zrno	53,858	0,180	4,756	36,183
Stabljika	47,163	0,073	4,013	48,751
Zagrepčanka				
Zrno	53,012	0,180	4,743	42,065
Stabljika	46,825	0,091	4,034	49,050
Sanja				
Zrno	53,232	0,193	4,727	41,849
Stabljika	47,956	0,092	4,087	47,866
Ana				
Zrno	53,247	0,199	4,721	41,833
Stabljika	48,202	0,085	4,101	47,613
Mira				
Zrno	53,250	0,183	4,724	41,843
Stabljika	47,100	0,123	3,922	48,878
Slavonka				
Zrno	52,812	0,198	4,709	42,282
Stabljika	48,235	0,073	4,110	47,581
Sivka				
Zrno	53,523	0,196	4,762	41,520
Stabljika	47,953	0,075	4,119	47,853
Gordana				
Zrno	53,889	0,201	4,798	34,797
Stabljika	47,959	0,075	4,104	47,862
GallaPzo				
Zrno	53,809	0,193	4,771	41,227
Stabljika	47,685	0,083	4,110	48,121

Udio ugljika (C) u zrnu kretao se od 52,812 % kod sorte Slavonke do 53,889% kod sorte Gordana. Udio ugljika (C) u stabljici kretao se od 46,825% kod sorte Zagrepčanka do 48,235% kod sorte Slavonka.

Udio sumpora (S) u zrnu kretao se od 0,180% kod sorte Lucija i Zagrepčanka do 0,201% kod sorte Gordana. Udio sumpora (S) u stabljici kretao se od 0,073% kod sorata Lucija i Slavonka do 0,123% kod sorte Mira.

Udio vodika (H) u zrnu kretao se od 4,709% kod sorte Slavonka do 4,798% kod sorte Gordana. Udio vodika(H) u stabljici kretao se od 3,922/% kod sorte Mira do 4,119% kod sorte Sivka.

Udio kisika (O) u zrnu kretao se od 34,797% kod sorte Gordana do 42,282% kod sorte Slavonka. Udio kisika (O) u stabljici kretao se od 47,581% kod sorte Slavonka do 49,050% kod sorte Zagrepčanka.

Na temelju podataka iz navedene tablice može se zaključiti da najmanje vrijednosti ima sorta Slavonka a najveće vrijednosti ima sorta Gordana.

Udio ugljika u stabljici soje je nešto niži nego u zrnu. Prema istraživanjima Kričke (2008) najniži zabilježen udio ugljika u soji iznosio je 47,97, a najviši 49,90%. Udio vodika kretao se između 4,71 i 5,10%, a sumpora 0,06 – 0,09%. Raspon udjela kisika bio je 44,83 – 46,12%. Dio dobivenih rezultata je u suglasju sa istraživanjem dok dio rezultata ima značajne razlike:

- sorta Gordana ima gornju granicu ugljika (C) u postotku od 53,889% koja je znatno veća od istraživanog prosjeka 49,90% (Krička, 2008.)
- sorta Gordana ima donju granicu udjela kisika (O) 34,797% što je znatno manje od donje granice istraživanog 44,83% (Krička 2008.)
- razlike u udjelu sumpora (S) su u gornjoj granici kod sorte Gordane koja sadrži 0, 201% što je višestruko povećano od gornje granice istraživanog 0,09% (Krička, 2008.)

Stabljiku soje nije moguće usporediti zbog nedostatka podataka.

U tablici 8. prikazane su vrijednosti gorivih tvari prirodnih uzoraka stabljike i zrna kroz hlapive tvari, gorive tvari izražene u postocima te Hd i Hg izraženi u MJ/kg.

Tablica 8. Gorive tvari prirodnih uzoraka stabljike i zrna

Istraživani faktori	Hlapiva tvar (%)	Goriva tvar (%)	Hg (MJ/kg)	Hd (MJ/kg)
Lucija				
Zrno	78,410	89,490	23,349	23,345
Stabljika	78,089	92,014	17,985	17,983
Zagrepčanka				
Zrno	77,947	89,407	23,590	23,586
Stabljika	77,54	89,436	18,477	18,474
Sanja				
Zrno	77,087	89,279	23,300	23,296
Stabljika	74,474	89,920	18,738	18,735
Ana				
Zrno	78,117	89,456	23,384	23,381
Stabljika	78,297	91,984	18,137	18,134
Mira				
Zrno	83,129	89,892	23,426	23,423
Stabljika	77,630	90,121	18,309	18,307
Slavonka				
Zrno	76,634	89,006	23,685	23,682
Stabljika	80,394	91,622	18,631	18,628
Sivka				
Zrno	77,998	89,469	23,679	23,675
Stabljika	79,586	91,773	18,525	18,522
Gordana				
Zrno	76,834	89,290	23,685	23,682
Stabljika	79,115	89,891	18,670	18,667
GallaPzo				
Zrno	77,002	88,158	23,541	23,537
Stabljika	79,745	91,382	18,291	18,288

Udio hlapivih tvari u zrnu kretao se od 76,634% kod sorte Slavonka do 83,129% kod sorte Mira. Dok se u stabljici kretao se od 74,474% kod sorte Sanja do 80,394% kod sorte Slavonka.

Udio gorivih tvari u zrnu kretao se od 88,158% kod sorte Galla PZO do 89,892% kod sorte Mira. U stabljici kretao se kretao od 89,436 % kod sorte Zagrepčanka do 92,014% kod sorte Lucija.

Najveću gornju ogrjevnu vrijednost (Hg) u zrnu sadrže sorte Gordana i Slavonka sa 23,685 MJ/kg, a u stabljici sadrži sorta Sanja sa 18,738 MJ/kg. Najmanju gornju ogrjevnu vrijednost (Hg) u zrnu sadrži sorta Sanja sa 23,300 MJ/kg, a u stabljici sadrži sorta Lucija sa 17,985 MJ/kg. Najveću donju ogrjevnu vrijednost (Hd) u zrnu sadrže sorte Slavonka i Gordana sa 23,682 MJ/kg, a u stabljici sadrži sorta Sanja sa 18,735 MJ/kg. Najmanju donju ogrjevnu vrijednost (Hd) u zrnu sadrži sorta Sanja sa 23,296 MJ/kg, dok u stabljici sadrži sorta Lucija sa 17,983 MJ/kg.

Iz navedenih podataka proizlazi da sorta Sanja sadrži većinu najnižih vrijednosti, a sorta Slavonka većinu najviših vrijednosti.

Prema navodima Kiša i sur. (2013) udio hlapivih tvari (80,13-82,13%) i gorivih tvari (88,21-89,44%) je sukladan sa provedenim istraživanjem, dok prema navodima Kričke (2008) najniža zabilježena vrijednost za udio gorive tvari soje iznosila je 81,29%, dok je najviša bila 85,23%. Dobiveni rezultati su nešto viši nego oni prema navodima literature. Takva odstupanja se javljaju zbog sortnih karakteristika.

Prema navodima Kričke (2008) najniža zabilježena gornja ogrjevna vrijednost za soju iznosila je 16,280, a najviša 17,630 MJ/kg, dok najniža zabilježena donja ogrjevna vrijednost je iznosila 15,195, a najviša 16,630 MJ/kg. Dobiveni sadržaji gornje i donje ogrjevne vrijednost pokazuju da dolazi do značajnijih odstupanja. Dobiveni rezultati nisu sukladni prema navodima literature također zbog sortnih karakteristika.

U tablici 9. prikazane su nutritivne vrijednosti sirovog zrna soje prikazane u postocima vode, pepela, koksa , fiksiranog ugljika, proteina i masti.

Tablica 9. Nutritivne karakteristike sirovog zrna soje

Sorta	Voda (%)	Pepeo (%)	Koks (%)	Fiksiranog ugljik (%)	Proteini (%)	Mast (%)
Lucija	5,383	5,131	18,364	11,080	30,13	19,176
Zagrepčanka	5,972	4,623	14,104	11,460	31,81	18,533
Sanja	5,475	5,247	18,447	12,191	30,94	26,019
Ana	5,428	5,113	17,398	11,340	36,31	16,211
Mira	5,011	5,099	12,472	6,762	39,81	19,164
Slavonka	6,132	4,865	18,362	12,357	29,44	17,143
Sivka	5,852	4,677	17,152	11,471	36,06	16,434
Gordana	5,958	4,751	18,296	12,455	23,50	16,531
GallaPzo	6,358	5,482	17,767	11,156	32,56	21,950

Najveći postotak vode sadrži sorta Galla PZO sa 6,358% a najmanji udio vode sadrži sorta Mira sa 5,011% vode.

Najveći udio pepela sadrži sorta Galla PZO sa 5,482%, a najmanji udio pepela sadrži sorta Zagrepčanka sa 4,623% pepela.

Najveći udio koksa sadrži sorta Sanja sa 18,447%, a najmanji udio koksa sadrži sorta Mira sa 12,472% koksa.

Najveći udio fiksiranog ugljika sadrži sorta Gordana 12,455%, a najmanji udio fiksiranog ugljika sadrži sorta Mira sa 6,762%.

Najveći udio proteina sadrži sorta Mira sa 39,81%, a najmanji udio proteina sadrži sorta Gordana sa 23,50% proteina.

Najveći udio masti sadrži sorta Sanja sa 26,019%, a najmanji udio masti sadrži sorta Ana sa 16,211% masti.

Iz prethodne tablice možemo izdvojiti sortu Miru sa najmanjim postocima u istraživanim elementima, dok sorte Sanja i Galla PZO se ističu po najvišim vrijednostima istraživanih elemenata.

U tablici 10. prikazane su nutritivne karakteristike tostiranog zrna soje, prikazane u postocima vode, pepela, koksa, fiksiranog ugljika i masti, na temperaturama 120, 140 i 160 °C.

Tablica 10. Nutritivne karakteristike tostiranog zrna

Temperatura tostiranja	**Voda (%)**	**Pepeo (%)**	**Koks (%)**	**Fiksiranog ugljik (%)**	**Mast (%)**
Lucija					
120 °C	0,000	5,384	17,359	11,976	24,253
140 °C	0,000	5,546	17,299	11,753	25,497
160 °C	0,000	5,647	17,432	11,785	27,659
Zagrepčanka					
120 °C	0,882	5,438	18,502	12,901	24,927
140 °C	0,432	5,434	15,903	10,400	20,239
160 °C	0,337	5,923	18,261	12,276	20,396
Sanja					
120 °C	0,059	5,779	19,160	13,370	20,029
140 °C	0,258	5,822	14,895	9,034	19,861
160 °C	0,080	7,327	17,984	10,642	17,097
Ana					
120 °C	0,058	5,676	17,564	11,878	21,173
140 °C	0,679	5,869	17,994	12,003	21,193
160 °C	0,734	6,386	18,415	11,894	17,720
Mira					
120 °C	0,010	5,474	18,410	12,935	20,269
140 °C	0,678	5,539	17,473	11,815	20,289
160 °C	0,074	5,638	16,983	11,191	21,590

Temperatura tostiranja	Voda (%)	Pepeo (%)	Koks (%)	Fiksirani ugljik (%)	Mast (%)
Slavonka					
120 °C	0,084	5,368	18,070	12,687	19,221
140 °C	0,068	5,466	17,753	12,274	19,151
160 °C	0,049	5,543	16,927	11,375	16,977
Sivka					
120 °C	0,414	5,350	17,479	12,057	20,637
140 °C	0,723	5,360	17,778	12,114	21,403
160 °C	0,357	5,509	16,852	11,283	21,340
Gordana					
120 °C	0,470	5,305	18,410	13,082	18,897
140 °C	0,292	5,385	17,483	12,047	18,903
160 °C	0,108	5,252	17,385	12,114	17,048
GallaPzo					
120 °C	1,331	5,854	17,821	11,730	24,486
140 °C	0,567	6,053	19,262	13,099	26,035
160 °C	0,198	6,317	18,060	11,707	27,788

Najmanji postotak vode na 120 °C sadrži sorta Mira sa 0,010% a najveći postotak sadrži sorta Galla PZO sa 1,331 %. Najmanji postotak vode na 140 °C sadrži sorta Slavonka sa 0,068%, a najveći postotak sadrži sorta Sivka sa 0,723%. Najmanji postotak vode na 160°C sadrži sorta Slavonka sa 0,049%, a najveći postotak sadrži sorta Ana sa 0,734 %.

Najmanji postotak pepela na 120 °C sadrži sorta Gordana sa 5,305%, a najveći postotak sadrži sorta GallaPzo sa 5,854%. Najmanji postotak pepela na 140 °C sadrži sorta Sivka sa 5,360%, a najveći postotak sadrži sorta Galla PZO sa 6,053% pepela. Najmanji postotak pepela na 160°C sadrži sorta Gordana sa 5,252%, dok najveći postotak sadrži sorta Sanja sa 7,327% pepela.

Najmanji postotak koksa na 120 °C sadrži sorta Lucija sa 17,359%, a najveći postotak sadrži sorta Sanja sa 19,160% koksa. Najmanji postotak koksa na 140°C sadrži sorta Sanja sa 14,895%, a najveći postotak sadrži sorta Galla PZO sa 19,262% koksa. Najmanji postotak

koksa na 160°C sadrži sorta Sivka sa 16,852%, najveći postotak sadrži sorta Ana sa 18,415% koksa.

Najmanji postotak fiksiranog ugljika na 120°C sadrži sorta Galla PZO sa 11,730%, a najveći postotak sadrži sorta Sanja sa 13,370% fiksiranog ugljika. Najmanji postotak fiksiranog ugljika 140°C sadrži sorta Sanja sa 9,034%, a najveći postotak sadrži sorta Galla PZO sa 13,099% fiksiranog ugljika. Najmanji postotak fiksiranog ugljika na 160°C sadrži sorta Sanja sa 10,642%, a najveći postotak sadrži sorta Zagrepčanka sa 12,276% fiksiranog ugljika.

Najmanji postotak masti na 120°C sadrži sorta Gordana sa 18,897%, a najveći postotak sadrži sorta Zagrepčanka sa 24,927% masti. Najmanji postotak masti na 140°C sadrži sorta Gordana sa 18,903%, a najveći postotak sadrži sorta Galla PZO sa 26,035% masti. Najmanji postotak masti na 160°C sadrži sorta Slavonka sa 16,977%, a najveći postotak sadrži sorta Galla PZO sa 27,788% masti.

U sadržaju vode najviše se ističe sorta Galla PZO po najvećoj količini zadržane vlage nakon tostiranja, a sorta Slavonka po najmanjoj količini vlage. Po sadržaju pepela sorta Galla PZO se također ističe po najvećoj količini pepela, a sorta Gordana po najmanjoj količini pepela. Po sadržaju koksa sorta Galla PZO sadrži najveći postotak koksa, a sorta Sanja sadrži najmanji postotak. Po sadržaju fiksiranog ugljika sorta Galla PZO sadrži najveći udio fiksiranog ugljika, dok sorta Sanja sadrži najmanji udio fiksiranog ugljika. Najveći udio masti sadrži sorta Galla PZO, a najmanji sorta Gordana.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja, a u svrhu iskoristivosti soje različitih kultivara za potrebe proizvodnje biogoriva i hranidbe životinja možemo zaključiti:

- ✓ Različiti kultivari soje prikazali su različite rezultate te se na temelju tih rezultata može odredili koji kultivari su više ili manje podobni za proizvodnju biogoriva i hranidbu životinja.
- ✓ U svrhu proizvodnje biogoriva može se izdvojiti više kultivara zbog različitih osobina koje su pokazale pri provedenom istraživanju. Sorte Sanja i Gordana prikazale su maksimalne vrijednosti gorivih i negorivih tvari, dok su Lucija i Zagrepčanka prikazale minimalne vrijednosti. Sorta Slavonka je imala maksimalne vrijednosti u donjim i gornjim ogrjevnim vrijednostima, a sorta Sanja minimalne vrijednosti.
- ✓ U svrhu hranidbe životinja, Sorta Galla PZO pokazala je najbolje rezultate u tostiranju na tri različite temperature (120, 140 i 160°C) najvećim postotkom masti dok je sorta Gordana imala najmanji udio masti.

7. POPIS LITERATURE

1. Adamović, M.; Zeremski, D.; Stoičević, Lj.; Milidragović, S.; Jeremić., D.; Ismailović, M. (1991): Termički obrađeno zrno soje kao izvor masti i proteina u ishrani visokoproizvodnih krava, Zbornik radova poljoprivrednog fakulteta, VII naučni skup zootehničara Jugoslavije, 253-261, Beograd.

2. Adamović, M.; Radovanović, M.; Grubić G.; Jovanović, R.; Radomir, B. (1997): Novija saznanja o uticaju nepoželjnih materija u sirovom zrnu soje na proizvodne sposobnosti i zdravlje životinja, XI savetovanje agronoma i tehnologa, Zbornik naučnih radova, Vol. 3. Br. 1. 359-365.

3. Adrian, J. (1974): Nutritional and physiologic consequences of theMaillard reaction, World Rev. Nutr. Dietetics, 19:71..

4. Bošnjak, (1999): Navodnjavanje poljoprivrednih usjeva. Univezitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet.

5. Cahoon, E.B. (2003): Genetic Enhancement of Soybean Oil for Industrial Uses: ProspectsandChallenges, AgBioForum – The Journal Of Agrobiotechnology Managament & Economics, Vol. 6. No 1-2. Article 4.

6. Dimitrijević, R. (1984): Goriva i izgaranje, Savez energetičara Hrvatske.

7. Ensminger, M.; Oldfield, J., E.; Heinemann, W.W. (1990): Feeds and nutrition, The Ensminger Publishing Company, Clovis, California.

8. Gazzoni, D.L. (1994): Tropical Soybean, Improvement and Production, FAO, Roma.

9. Gray, K. A.; Zhao, L.; Emptage, M. (2006): Bioethanol. Curropinchem biol. 10:141- 146.

10. Jurić, I.; Žugec I.; Kovačević V., Buljan V. (1986): Osvrt na kalcizaciju i fosfatizaciju i humizaciju pseudogleja Slavonije, Poljoprivredne aktualnosti.

11. Jurišić, V.; Ćurić, D.; Krička, T.; Voća, N; Matin, A. (2008): Predtretmani u proizvodnji bioetanola iz lignocelulozne biomase, Poljoprivreda Osijek 14 (1): 53-58.

12. Karlson, P.(1988): Biokemija, Zagreb.

13. Katić, Z. (1997): Sušenje i sušare u poljoprivredi, Multigraf, Zagreb, Hrvatska.

14. Katić, Z. (1985): Sušenje zrna - energetska bilanca i tehnološka rješenja, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja „Zrnko 85“ 4-54.

15. Katić, Z.; Krička, T.; Pliestić, S.; Bratko., J.; Krivec, G.; Sito, S. (1994): Utjecaj toplinske dorade prije sušenja na hranidbenu kakvoću zrnja, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja „Zrnko 94“ 1-17.

16. Kiš, G. (2004): Punomasna, pržena (tostirana) soja u hranidbi mliječnih krava, Zavod za hranidbu domaćih životinja, Agronomski fakultet, Zagreb.
17. Kiš, D.; Sučić, B.; Šumanovac, L.; Antunović, M. (2013): Energetska i fertilizacijska vrijednost žetvenih ostataka soje, Sveučilište J.J. Strossmayer, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
18. Krička, T. (1993): Utjecaj perforiranja površine zrna kukuruza različitih hibrida na brzinu sušenja, Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja „Zrnko 93“ 68-73.
19. Krička, T. (2008): Potencijal proizvodnje energije iz biljnih ostataka u poljoprivredi i šumarstvu, Vip - Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
20. Krička, T.; Jukić, Ž.; Voća N., Sigfild, N.; Zanuškar, J.;Voća, S. (2003): Nutritionalcharacteristicsofsoybeanafterthermalprocessingbytoasting, Acta Veterinaria 53: 191-197.
21. Krička T.; Kiš D.; Matin A.; Brlek T.; Bilandžija N. (2012): Tehnologija mlinarstva, Sveučilišni udžbenik, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek.
22. Lusas, W. E. (2004): Soybean processing and utilization. Agronomy, Madison, USA.
23. Modić P. (2004): Najznačajnija hranljiva i dijetetska svojstva sojinih proizvoda kao mogući potencijal za izradu kvalitetnih proizvoda od mesa, Beograd.
24. Molnar, I. (1998): Odnos soje prema spoljnim činiocima, Novi Sad.
25. Novoselić, A.; Jurković Z.; Galonja M. (1991): Rezultati ispitivanja hidrotermički obrađene sorte soje Tise u hranidbi prasadi i brojlera. Znanost i praksa u prehrambenoj tehnologiji, 21,1.
26. Pliestić, S. (1995): Zavisnost početka fluidizacije kukuruznog zrna hibrida BC 492 o vlazi zrna i brzini zraka tijekom procesa sušenja, Poljoprivredna znanstvena smotra, Agronomski fakultet Sveucilišta u Zagrebu 60 (1): 5-26.
27. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo I.dio, Zrinski d.d. Čakovec.
28. Predin, S.; Sadžakov, S. (1998): Tehnološki postupak prerade soje u Sojaprotein d.d. Becej, Novi Sad, 399-413.
29. Ritz, J. (1997): Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda, Liber, Zagreb.
30. Shurtleff, W.; Aoyagi, A. (2004): History of fermented soymilk and its products. A chapter from the unpublished manuscript, history of soybeans and soyfoods.
31. Šaronja, I. (2014): Nutritivne i energetske promjene soje u procesu kondukcijskog sušenja
32. Šimić, D. (1995): Osnovna tehnologija u preradi soje, Beograd.
33. Vratarić, M.; Sudarić A. (2008): Soja Glicine max. Merr., Poljoprivredni institut Osijek.

Internet stranice:

http://www.adiva.hr

http://www.agroinfotel.net

http://www.agroklub.com

http://www.agroportal.hr

http://biosmart.dintian.com

http://www.coolinarka.com

http:/definicijahrane.hr

http://www.depts.ttu.edu

http://faostat.fao.org

http://www.herbos.hr

http://iepoi.uni-mb.si

http://www.minerals.net

http://mrie.insa-rouen.fr

http://www.narodnilek.com

http://pinova.hr

http://www.poljinos.hr

http://www.poljoprivreda.ba

http://www.savjetodavna.hr

http://scindeks.ceon.rs

http://si.vwr.com

http://www.stocarstvo.com

http://www.tehnologijahrane.com

http://tloznanstvo.com

http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome

http://www.vajda-elvit.hr

http://www.vet.bg.ac.rs

http://www.vitamini.hr

http://www.vitaminologija.com

http://www.zdravaprehrana.co

http://www.zitarice.hr