

# Varijabilnost parametara kvalitete zrna hrvatskih i stranih genotipova soje (Glycine max L.)

---

**Fruk, David**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:366497>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-28**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

David Fruk

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Varijabilnost parametara kvalitete hrvatskih i stranih  
genotipova soje (*Glycine max* L.)**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

David Fruk

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Varijabilnost parametara kvalitete hrvatskih i stranih  
genotipova soje (*Glycine max* L.)**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Sonja Petrović, mentor
2. prof.dr.sc. Sonja Vila, član
3. izv.prof.dr.sc. Andrijana Rebekić, član

Osijek, 2021.

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo

David Fruk

### Varijabilnost parametara kvalitete hrvatskih i stranih genotipova soje

#### Sažetak:

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) predstavlja kulturu koja je glavni izvor proteina na globalnoj razini. Cilj ovog rada je istražiti varijabilnost parametara kvalitete hrvatskih i stranih genotipova soje. U istraživanje je uključeno 17 kultivara soje pri čemu je devet kultivara rezultat domaćeg oplemenjivačkog rada, a ostalih osam kultivara su iz stranih instituta. Analizirani su parametri kvalitete (udjeli proteina, ulja vlage, vlakana i minerala) u naturalnom sjemenu i brašnu soje. Kako bi istraživanje bilo što točnije dodatno je analiziran aminokiselinski sastav pomoću bliske infracrvene spektroskopije (NIR). Za analizu ukupnih topivih proteina visokotlačnom tekućinskom kromatografijom (HPLC), odabrana su četiri kultivara: Đurđica, Merkur, Quito, Kent. Prema dobivenim rezultatima utvrđene su značajne varijabilnosti između domaćih i stranih kultivara te da udio topljivih proteina nije usko vezan za količinu ukupnih proteina.

**Ključne riječi:** soja, parametri kvalitete, bliska infacrvena spektroskopija (NIR), tekućinska kromatografija (HPLC), varijabilnost

22 stranice, 7 tablica, 2 grafikona, 8 slika, 16 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

#### BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

BSc Thesis

### Variability of quality parameters of Croatian and foreign soybean genotypes

**Summary:** Soy (*Glycine max* (L.) Merr.) is a crop that is a major source of protein globally. The aim of this paper is to investigate the variability of quality parameters of Croatian and foreign soybean genotypes. 17 soybean cultivars were included in the research, with nine cultivars being the result of domestic breeding work, and the other eight cultivars are from foreign institutes. Quality parameters (proteins, oil, moisture, fiber, minerals percentages) in natural soybean seeds and flour were analyzed. In order to make the research as accurate as possible, the amino acid composition was further analyzed using near-infrared spectroscopy (NIR). For the analysis of total soluble proteins by high pressure liquid chromatography (HPLC), four cultivars were selected: Đurđica, Merkur, Quito, Kent. According to the obtained results, significant variability was found between domestic and foreign cultivars and that the share of soluble proteins is not closely related to the amount of total proteins.

**Keywords:** soybean, quality parameters, near-infrared spectroscopy (NIR), pressure liquid chromatography (HPLC), variability

22 pages, 7 tables, 2 charts, 8 figures, 16 references

BSc Thesis is archived: in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. MATERIJAL I METODE .....	2
2.1. Biljni materijal.....	2
2.2. Metode rada .....	6
2.3. Statistička obrada podataka.....	7
3. REZULTATI I RASPRAVA.....	9
3.1. Analiza glavnih parametara kvalitete naturalnog sjemena soje.....	9
3.2. Analiza glavnih parametara kvalitete brašna soje.....	12
3.3. Aminokiselinski sastav brašna kultivara soje .....	18
4. ZAKLJUČAK .....	21
5. POPIS LITERATURE .....	22

## 1. UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr. predstavlja jednogodišnju biljku iz porodice *Fabaceae* ili *Leguminosae* (mahunarke ili lepirnjače) koja pripada potporodici *Papilionatae* te rodu *Glycine*. S obzirom na površine koje danas zauzima u svijetu (oko 92 mil. ha), na globalnoj je razini glavni izvor bjelančevina visokih hranidbenih vrijednosti te značajna uljna kultura (Vratarić i Sudarić, 2010.). Soja je kultura koja ima sve veću primjenu u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji. Trećina svjetske proizvodnje biljnih ulja je od soje. Uz to, soja predstavlja industrijsku sirovinu za razne deterdžente, kreme, sapune, boje, lakove i drugo. U ljudskoj i životinjskoj ishrani glavnu ulogu imaju visokokvalitetni sojini proteini. Uslijed povećanja stanovništva, sve je veći nedostatak proteina u ljudskoj ishrani. Soja predstavlja kulturu budućnosti zbog velikog priroda proteina po jedinici površine, zbog čega je podvrgnuta učestalim oplemenjivačkim istraživanjima na globalnoj razini. Soja se iz Kine proširila po cijelom svijetu zbog izrazite adaptivnosti na razne uvjete proizvodnje te je Kina izvor genetske varijabilnosti ove kulture.

Genetska varijabilnost se gubi djelovanjem čovjeka i okoliša te ima negativan utjecaj na poboljšanje kultiviranih biljaka, stoga se pažnja mora posvetiti očuvanju genetskih izvora (Matoša Kočar, 2016.). Zbog negativnih utjecaja, važnu ulogu u oplemenjivanju bilja ima čuvanje genetske varijabilnosti zbog čega postoje gen bake (gen kolekcija), koje služe za očuvanje genetske varijabilnosti kultiviranog bilja te divljih srodnika koji su glavni izvor te varijabilnosti (Sudarić i Vratarić, 2008.).

U ovom istraživanju ispitivana je varijabilnost domaćih i stranih genotipova soje kako bi se utvrdilo koji su genotipovi najpogodniji za proizvodnju proteinskih izolata i koncentrata.

Proteinski izolati i koncentрати su proizvodi izdvojenih proteina iz zrna soje. Proteinski izolat sadrži više od 90% proteina, a proteinski koncentrat više od 70%. Koncentrat ima manji udio proteina zbog većeg udjela ugljikohidrata. Proteinski izolati su temelj zdravoj prehrani baziranoj na alternativnim izvorima poput soje, koja postaje sve traženija kultura (Carić i sur., 1989.).

U zadnje vrijeme sve je veća potražnja za biljnim proteinima što nam govori godišnji porast potražnje dvoznamenkastim brojevima na globalnoj razini. U Europi je u zadnje dvije godine potražnja za biljnim proteinima porasla za gotovo 50% što nam govori u kojem smjeru treba razvijati preradu soje u Republici Hrvatskoj.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. Biljni materijal

U istraživanje je bilo uključeno 17 kultivara soje (*Glycine max* (L.) Merr.) pri čemu je devet kultivara rezultat domaćeg oplemenjivačkog rada, a ostalih osam kultivara su iz stranih instituta (Tablica 1). Domaći kultivari su visokokvalitetne primke Poljoprivrednog instituta u Osijeku: Đurđica, Ema, Ika, Korana, Nevena, Sunce, Toma, Zora dok je kultivar Zlata iz Bc instituta d.d. Od stranih kultivara izabrani su kultivari Instituta za ratarstvo i povrtlarstvo Novi Sad: Merkur i Apolo, Francuskog instituta Asgrow France S.A kultivar Quito, Talijanskog instituta S.I.S Societa Italiana Sementi S.P.A.: Altapro, Minnpro i Pedro te kanadski kultivari Kent i Protina kreirani u Sveučilištu Guleph.

Tablica 1. Naziv kultivara, grupe zriobe i zemlja podrijetla ispitivanih kultivara

Redni broj	Kultivar	Grupa zriobe	Podrijetlo
1.	Đurđica	I	Hrvatska
2.	Ema	00-0	Hrvatska
3.	Ika	0-I	Hrvatska
4.	Korana	00	Hrvatska
5.	Nevena	0-I	Hrvatska
6.	Sunce	I	Hrvatska
7.	Toma	0	Hrvatska
8.	Zora	0-I	Hrvatska
9.	Zlata	0	Hrvatska
10.	Pedro	0-I	Italija
11.	Altapro	0	SAD
12.	Minnpro	0	SAD
13.	Protina	00	Kanada
14.	Apolo	I	Srbija
15.	Merkur	00	Srbija
16.	Kent	0	Kanada
17.	Quito	00	SAD

Grupe zriobe predstavljaju dužinu vegetacije. Prema dužini vegetacije, soju je moguće podijeliti u 13 grupa zriobe pri čemu grupa 000 predstavlja najraniju zriobu, a X najkasniju. U istraživanju su korištene sorte grupe zriobe 00 (vrlo rane), 0 (rane), 0-I (srednje rane), I (srednje kasne). Za naše agroekološke uvjete, pri redovnoj sjetvi, najpogodnije su sorte iz grupe zriobe 00 (vrlo rane), 0 (rane), 0-I (srednje rane) i I (srednje kasne). Hrvatski kultivari su najzastupljeniji u istraživanju. U Hrvatskoj se sije više od 60% domaćeg sortimenta. Kultivar Ika (slika 1) nosi 25% zasijanih površina u Hrvatskoj.



Slika 1. Kultivar Ika,  
(izvor: <https://www.poljinos.hr>)

Kultivar Korana (slika 2) je vrlo rana sorta soje grupe dozrijevanja (00), ljubičaste boje cvijeta, žute boje dlačica, tamno smeđeg hiluma, izrazito tolerantna na bolesti te visokog potencijala rodnosti koji prelazi 4 t/ha. Zrno sadrži visoki udio proteina do 41% i ulja do 22%. Visina stabljike iznosi od 90 do 120 cm te je izrazito zbijenog habitusa. Masa 1000 zrna je 180 – 190 g. Sije se na gušći sklop zbog slabijeg grananja. Sjetveni sklop bi trebao iznositi 700 000-750 000 biljaka/ha što je srazmjerno 135-145 kg/ha (Vratarić i Sudarić, 2008.).

Kultivar Ema (slika 3) je relativno nova sorta iz Poljoprivrednog instituta Osijek, vrlo rane grupe zriobe(00-0). Sorta je snažnog i ujednačenog početnog porasta, srednje visoke stabljike izrazito tolerantne na polijeganje te izvrsne tolerantnosti na najzastupljenije bolesti. Na zapadnim područjima Hrvatske pogodna je za redovnu sjetvu, a na istočnim područjima može se sijati u redovnoj i naknadnoj sjetvi. Boja cvijeta je ljubičasta, boja dlačica žuta, a boja hiluma je tamno smeđa. Biljka je srednje visoka tolerantna na polijeganje. Sjetvena norma iznosi 140-145 kg/ha. Prosječni sadržaj bjelančevina je do 41%, a ulja do 22% (Vratarić i Sudarić, 2010.).





Slika 2. Kultivar Korana,  
(izvor: <https://www.poljinos.hr>)



Slika 3. Kultivar Ema,  
(izvor: <https://www.poljinos.hr>)

Kultivar Apolo (slika 4) je srednje kasna sorta koja spada u I. grupu zrenja. Odlikuje ga visok potencijal rodosti koji iznosi više od 7 t/ha te stabilni prinosi. Ovojnica je žute boje kao i hilum. Stabljika je srednje visine obrasla sivim dlačicama. Kultivar je otporan na bolesti te je visoko prilagodljiv na različite uvjete proizvodnje ([www.poljinos.hr](http://www.poljinos.hr)).

Optimalan sklop u sjetvi iznosi 450000 biljaka po hektaru zbog izrazito visokog potencijala grananja. Izrazito je tolerantna sorta na osipanje što doprinosi lakšom žetvom (Đukić i sur., 2015.).



Slika 4. Kultivar Apolo,  
(Izvor: <https://nsseme.com>)

Kultivar Pedro je srednje rana sorta koja spada u 0-I grupu zrenja, potencijala rodnosti iznad 5,5 t/ha, boja cvijeta je ljubičasta, boja dlačica smeđa, stabljika je srednje visoka do niska odlične otpornosti na polijeganje te odlične otpornosti na bolesti. Masa 1000 zrna iznosi 165-175 grama. Udio proteina iznosi do 40%, a ulja do 24%. Sadrži smanjeni udio antinutritivnih tvari TIAMg/g u odnosu na ostale kultivare soje. Količina sjemena u sjetvi iznosi 450000-550000 biljaka/ha (Izvor: <https://bc-institut.hr/>).

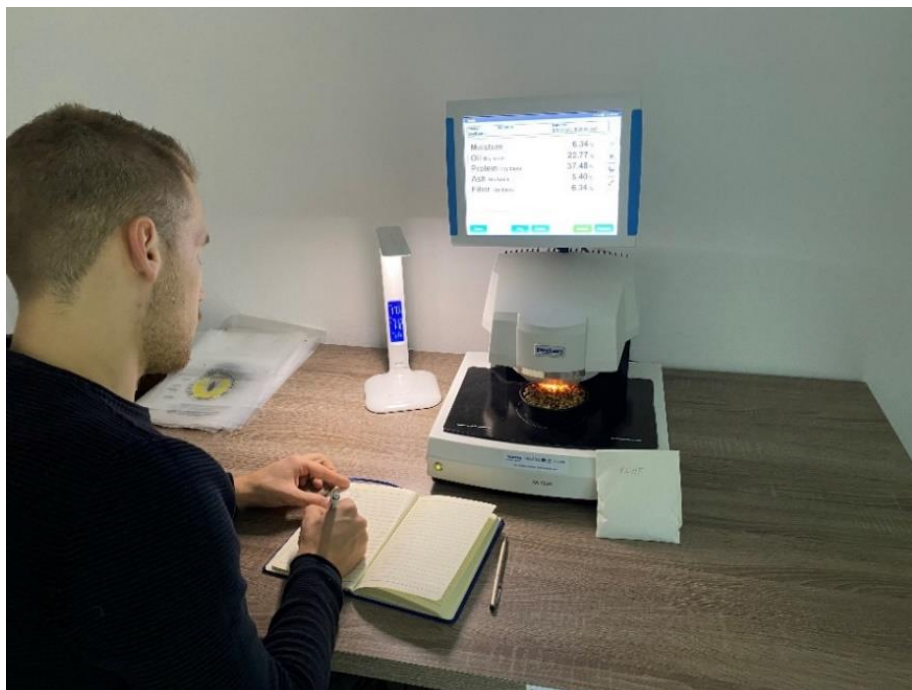


Slika 5. Kultivar Pedro  
(Foto: D. Fruk)

Protina je vrlo rana sorta grupe dozrijevanja (000), stabljika je smeđe-crvena te obrasla dlačicama, cvjetovi su ljubičasti, list je zaobljen, svjetlo smeđeg hiluma, Biljka doseže visinu od 73 cm. Zrno je žute boje s prosječnim udjelom proteina 35% te ulja 24%. Apsolutna masa iznosi 145 grama. Protina se ujedno koristi i kao sorta primjer te je uspoređuje s drugim kandidatima za priznavanje za svojstvo veličine zrna kao sitnozrnati kultivar. Ocjene i opisi definirani u skladu s CPVO vodičem (Community Plant Variety Office), CPVO-TP/080/1, za postupak ispitivanja različitosti, ujednačenosti i postojanosti (DUS - Distinctness, Uniformity and Stability (Zimmer, 2016.).

## 2.2. Metode rada

Bliska infracrvena spektroskopija (NIR) koristi se sve češće u poljoprivrednoj i prehrambenoj proizvodnji zbog svoje točnosti te brzine određivanja parametara koji se mjere. NIR tehnologija temelji se na spektroskopima infracrvenog svjetla u rasponu valnih duljina 730 – 2500nm. U istraživanju je korišten uređaj Perten DA 7250 At-line NIR (slika 5) američkog proizvođača mjernih analizatora Perkin Elmer (slika 6).



Slika 6. Analiza uzoraka na uređaju Perten DA 7250 AT-line NIR.

(Foto: D. Fruk)

Navedeni uređaj koristi se najčešće u poljoprivrednoj i prehrambenoj tehnologiji te omogućava širok raspon mjernih doza i kalibracija kao što su: mjerenje vlage, proteina, masti, vlakana, škroba i mnogih drugih parametara u vrstama uzoraka kao što su prašci, pelete, žitarice, paste, kolači, brašno i kaše. Pomoću NIR tehnologije izmjereni su udjeli glutena, škroba, minerala te vlage u naturalnom sjemenu svih 17 kultivara soje. Svaki uzorak napravljen je u tri ponavljanja zbog smanjenja mogućnosti pogreške. NIR tehnologijom izmjeren je i aminokiselinski sastav svih 17 kultivara soje u samljevenim uzorcima.

### 2.3. Statistička obrada podataka

Udio proteina, ulja, minerala, vlakana i vlage imaju numerički varijabilne vrijednosti. Temeljem dobivenih podataka parametara kvalitete naturalnog sjemena soje izračunato je pet statističkih parametara: (1) aritmetička sredina, (2) standardna devijacija, (3) standardna greška aritmetičke sredine, (4) koeficijent varijacije te (5) varijanca. (Rebekić A. 2017.). Statistički podatci izračunati su pomoću programa Microsoft Excel 2019.

Aritmetička sredina je statistički parametar koji prikazuje srednju vrijednost rezultata te se označava oznakom  $\bar{x}$ , računa se zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih mjerenja i dijeljenjem dobivenog zbroja s brojem mjerenja.

1. Aritmetičku sredinu izračunavamo formulom:  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ ,  $\sum x$  označava zbroj svih pojedinačnih mjerenja, a  $n$  broj pojedinačnih mjerenja.

Standardna devijacija ( $s$ ) nam prikazuje prosječno odstupanje od aritmetičke sredine te možemo predvidjeti u kojem se rasponu kreće većina podataka.

2. Standardnu devijaciju izračunavamo formulom:  $s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$  gdje je  $\sum x^2$  suma kvadrata svih pojedinačnih mjerenja,  $(\sum x)^2$  je kvadrat sume svih pojedinačnih mjerenja, a  $n$  broj pojedinačnih mjerenja.

Standardna greška aritmetičke sredine ( $s_{\bar{x}}$ ) prikazuje nam pouzdanost procjene aritmetičke sredine. S povećanjem broja uzoraka standardna greška aritmetičke sredine se smanjuje.

3. Standardnu grešku aritmetičke sredine izračunava se formulom:  $s\bar{x} = \frac{s}{\sqrt{n}}$  gdje S predstavlja standardnu devijaciju, a  $\sqrt{n}$  drugi korijen od broja pojedinačnih mjerenja.

Koeficijent varijacije (%) predstavlja standardnu devijaciju, ali izraženu postotkom od aritmetičke sredine.

4. Koeficijent varijacije izračunavamo formulom:  $KV = \frac{s \times 100}{\bar{x}}$ , gdje s predstavlja standardnu devijaciju, a  $\bar{x}$  aritmetičku sredinu.

Varijanca ( $s^2$ ) je kvadrat standardne devijacije te se ne može prikazati grafički.

5. Varijancu izračunavamo formulom:  $s^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$  gdje je  $\sum x^2$  suma kvadrata svih pojedinačnih mjerenja,  $(\sum x)^2$  kvadrat sume svih pojedinačnih mjerenja, a n broj pojedinačnih mjerenja.

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

#### 3.1. Analiza glavnih parametara kvalitete naturalnog sjemena soje

Rezultati parametara kvalitete svih 17 kultivara soje prikazani su u tablici 2. Zbog povećanja točnosti istraživanja uzorci su analizirani u tri ponavljanja te je izračunata aritmetička sredina. Uzorci su pripremljeni bez primjesa i bez oštećenja od štetočina. Analiza udjela proteina, ulja, minerala te vlakana izražena je kao postotni iznos u odnosu na suhu tvar naturalnog sjemena soje (tablica 2).

Soja je poznata kao visokoproteinska kultura, zbog čega je sve traženija u prehrambenoj industriji. U proizvodnji udio proteina u soji se kreće od 30-45% suhe tvari te uvelike zavisi o potencijalu genotipa te uvjetima proizvodnje (Vratarić i Sudarić, 2008.).

Prema Svedbergu, sojini proteini dijele se na četiri frakcije: 2S, 7S, 11S, i 15S (S označava Svedbergovu jedinicu tj. sedimentacijsku brzinu određene grupe proteina). U soji su najzastupljenije 7S i 11S frakcije te čine 70% sojinih proteina. Najznačajniji skladišni protein soje je glicinin koji spada u 7S frakciju te  $\beta$ -konglicinin koji spada u 11S frakciju. Soja se, osim u mahunarke svrstava i u uljarice zbog visokog sadržaja ulja koji često iznosi više od 20% suhe tvari soje.

Analizom naturalnog sjemena utvrđena je varijabilnost kultivara domaćih i stranih kultivara. Sudarić i sur. (2006.) navode kako je interakcija genotipa i okoline manje značajna nego utjecaj genotipa i godine, osobito za udio ulja koji ima veliku razliku izmjerenih parametara između sušnih i kišovitih godina. Najveća varijanca između 17 kultivara soje izračunata je za parametar udjela proteina u naturalnom sjemenu soje ( $s^2=3,29$ ). Prosječna vrijednost pokusa iznosila je 40,81% proteina uz standardnu devijaciju od  $\pm 1,81$ . Hrvatski kultivar Đurđica imao je najveći prosječni udio proteina od 42,60% iza kojeg slijede kultivari Zlata i Merkur s 42,40% proteina u provedenom istraživanju, dok je najmanji udio proteina od 35,38% zabilježen u kanadskog kultivara Quito. Koeficijent varijacije za svojstvo udjela proteina je relativno nizak, iznosio je 4,45%, što je i očekivano s obzirom na mali broj kultivara uključenih u istraživanje te sam odabir koje se temeljio na prethodnim literaturnim podacima o udjelu proteina i ulja dobivenih od strane oplemenjivača i proizvođača u cilju detaljnije analize proteinskog sastava sjemena i brašna soje. Slične podatke dobili su Jukić i sur. (2019.) proučavajući deset najzastupljenijih genotipova u Hrvatskoj. Proučavajući kultivare utvrdili su najveći udio proteina kod genotipova Zlata (43,00%) i Merkur (42,18%).

Tablica 2. Prikaz prosječnih vrijednosti parametara kvalitete 17 ispitivanih kultivara soje

Sorta	Proteini %	Ulje %	Minerali %	Vlakna%	Vlaga %
Đurđica	42,60	20,88	5,45	5,70	5,06
Ema	41,27	20,76	5,52	5,69	6,26
Ika	41,47	20,41	5,48	5,04	5,09
Korana	40,36	20,96	5,47	5,46	5,43
Nevena	41,57	20,81	5,47	5,86	5,16
Sunce	42,29	21,27	5,47	5,64	5,07
Toma	41,79	20,55	5,50	5,91	6,09
Zora	40,53	21,69	5,48	5,99	5,08
Zlata	42,4	21,28	5,46	5,81	5,28
Pedro	40,27	21,09	5,36	5,33	6,20
Altapro	41,53	19,76	5,49	5,90	5,99
Minnpro	41,74	20,43	5,41	5,90	5,48
Protina	40,56	20,70	5,50	6,29	5,47
Apolo	39,24	21,45	5,48	6,39	5,74
Merkur	42,40	20,34	5,48	6,39	5,12
Kent	38,32	23,16	5,47	6,03	5,31
Quito	35,39	23,38	5,45	6,70	6,02
$\bar{x}$	<b>40,81</b>	<b>21,11</b>	<b>5,47</b>	<b>5,88</b>	<b>5,52</b>
s	<b>1,81</b>	<b>0,94</b>	<b>0,04</b>	<b>0,41</b>	<b>0,44</b>
$s\bar{x}$	<b>0,44</b>	<b>0,23</b>	<b>0,01</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>
<b>KV</b>	<b>4,45</b>	<b>4,43</b>	<b>0,67</b>	<b>7,00</b>	<b>7,91</b>
$s^2$	<b>3,29</b>	<b>0,87</b>	<b>0,00</b>	<b>0,17</b>	<b>0,19</b>

Lipidi soje pretežito su građeni od triacilglicerola, estera trovalentnog alkohola glicerola i tri masne kiseline. Soja sadrži pretežito nezasićene masne kiseline. Nezasićene masne kiseline dominiraju u sojinom ulju i čine oko 80 % masnih kiselina. Najzastupljenija je linolna kiselina (oko 52 %), zatim oleinska (oko 21 %) nakon koje slijedi zasićena palmitinska kiselina s oko 12 %. Od zastupljenijih se ističu i polinezasićena linolenska kiselina (oko 7 %) te zasićene laurinska, miristinska i stearinska koje zajedno čine oko 10 % masnih kiselina sojina ulja. Također, soja je jedna od nekoliko dobrih biljnih izvora alfa-linolenske i omega-3 masnih kiselina, esencijalnih masnih kiselina kojima se pripisuje uloga u očuvanju zdravlja krvožilnog sustava (Burssens i sur., 2011.).

Sojino ulje koristi se u industriji u proizvodnji proizvoda poput margarina, prežene hrane zbog izrazito velike termostabilnosti. Kako bi ulje imalo stabilan okus i svježinu, potrebno ga je hidrogenirati. S porastom svijesti o štetnosti transmasti, javila se potreba za razvojem novih sorata soje koje imaju drugačiji sastav masnih kiselina najčešće smanjenu količinu linolne kiseline (Hartman i sur., 2011.). Ulje se sastoji od trigliceridnih i negliceridnih spojeva. Udio triacilglicerola u sojinom ulju je od 94 do 99 %, dok ostatak čine negliceridni spojevi (1-6 %). Dominantne masne kiseline u sojinom ulju su linolna i oleinska masna kiselina (Hammond 2005.).

U ovom istraživanju prosječna vrijednost udjela ulja iznosila je 21,11% uz standardnu devijaciju od  $\pm 0,94$ . Vrijednosti udjela sadržaja ulja kretale su se od 19,76 % (Altapro) do 23,38 % (Quito), dok je koeficijent varijacije bio slične niže vrijednosti, kao i za sadržaj proteina, a iznosio je 4,43%. Jukić i sur. (2019.) godine istraživali su utjecaj genotipa, godine i lokacije na prinos, udio ulja i proteina stranih i domaćih kultivara soje. Navode kako je u pokusa bilo uključeno 20 domaćih i stranih kultivara s prosječnim udjelom ulja 21,08% (2017.) i 21,51% (2018.). Miladinov i sur. (2019) u istraživanju sadržaja ulja i proteina u NS sortama soje zapazili su veliku varijabilnost kod istih kultivara uzgajanih u različitim uzgojnim područjima i vremenskim uvjetima. Kultivar Apolo na lokalitetu A imao je 32,4% proteina, a na lokalitetu B 42,1%. Razlika od 9,7 % dokazuje nam veliku ovisnost udjela proteina o vremenskim uvjetima, a manje ovisan o uvjetima proizvodnje.

Soja sadrži približno 30% ugljikohidrata zavisno od kultivara, oko 20% netopivih te oko 10% topivih u vodi. Netopive ugljikohidrate predstavljaju vlakna, a topive disaharid saharoza i oligosaharidi rafinoza i stahiza. Rafinoza je trisaharid, a stahioza je tetrasaharid. (Liu, 1997.) Soja ujedno sadrži topiva i netopiva vlakna. Netopiva vlakna su alfa-galaktozidi koji izazivaju



nadutost. Netopiva sojina vlakna se najvećim dijelom sastoje od celuloze, lignina, raznih vrsta pektina (protopektina) te hemiceluloza (Šebečić i Dragojević, 2007.). Netopivi ugljikohidrati pozitivnog su zdravstvenog utjecaja jer utječu na regulaciju probave povećanjem fekalne mase, te usporavaju apsorpciju glukoze u krvi. Pritom topivi i netopivi ugljikohidrati soje spadaju u skupinu dijetalnih vlakana čija je konzumacija povezana s održavanjem povoljnog zdravstvenog stanja (Božanić, 2006.).

Prosječne vrijednosti udjela vlakana u sjemenu soje iznosila je 5,88% ( $\pm 0,41$ ). Udio vlakana kretao se u rasponu 5,04% – 6,70%. Kultivar Quito imao je najveći udio vlakana u istraživanju dok je kultivar Ika imao najmanji udio od 5,04%. Najveći koeficijent varijacije od 7% zabilježen je upravo za parametar postotka vlakana u sjemenu soje. Matoša Kočar i sur. (2020.) su u svome istraživanju utvrdili slične udjele vlakana ispitujući 22 kultivara soje, prosječna vrijednost udjela vlakana iznosila je 6,62% uz koeficijent varijabilnost od 9,18% te raspon od 5,69 % do 7,68%.

Najzastupljeniji minerali u soji su kobalt, cink, bakar, molibden, bor, natrij, sumpor, željezo, fosfor i kalcij. Minerali čine oko 5 % sadržaja sojinog zrna. Dominiraju magnezij, kalcij i kalij. Dok je sadržaj kalcija u zrnu soje relativno visok, u sojinom napitku koji se obično koristi kao zamjena za mlijeko, on je vrlo nizak te se taj proizvod redovito obogaćuje kalcijem kako bi bio bliže sastavu kravljeg mlijeka (Bursens i sur., 2011.). Kultivari soje u ovom istraživanju statistički se nisu razlikovali u svojstvu količine minerala ( $s^2=0,00$ ). Raspon udjela minerala se kretao od 5,36 do 5,52%.

Udio minerala u 17 kultivara soje se kretao u rasponu od 5,36% - 5,52% što ukazuje na izrazito vezano svojstvo za kulturu kao što je soja.

Žetvena vlaga soje najčešće se kreće u rasponu od 11 do 14%. U istraživanju, vlaga uskladištenog zrna kretala se u rasponu od 5 do 6,5% kako bi se maksimalno smanjili negativni fiziološki procesi te napad štetočina prilikom skladištenja.

### **3.2. Analiza glavnih parametara kvalitete brašna soje**

S ciljem bolje usporedbe stranih i domaćih kultivara samljeveno naturalno sjemena soje svih 17 kultivara u brašno. Sjeme soje mljeveno je s ljuskom do sitnih frakcija potrebnih za analizu.

Analizom brašna soje utvrđeno je povećanje vlage za više od 1%. Brašno ima veću adsorpcijsku sposobnost.

Vremenski period od dva dana između analize naturalnog zrna i brašna soje utjecalo je na vlagu proizvoda zbog izloženosti brašna sobnim uvjetima (tablica 3). Vlakna i minerali su bili u granici pogreške analizatora između naturalnog sjemena i brašna soje. Analizom brašna dobivene su veće vrijednosti ulja nego analizom naturalnog sjemena, dok su proteini kod nekih kultivara pokazivale veće vrijednosti, a kod nekih manje. U prosjeku vrijednosti proteina u brašnu soje kretale su se od 43,65% (Zlata) do 35,24% (Quito).

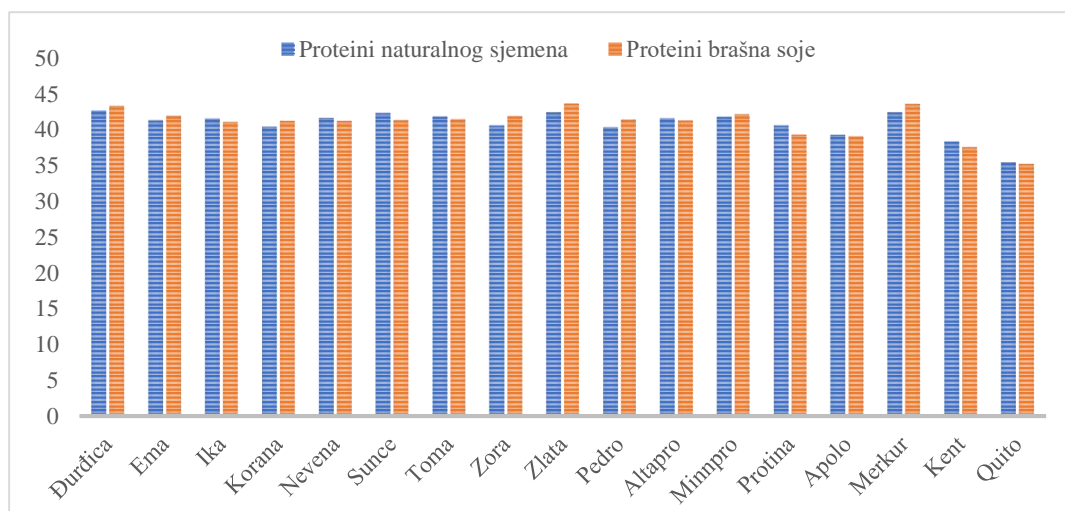
Analizom brašna soje utvrđena je veća varijabilnost nego u mjerenjima provedenim u naturalnom sjemenu, Najveća varijanca između 17 kultivara soje izračunata je za parametar udjela proteina u brašnu soje ( $s^2=4,65$ ) što predstavlja povećanje varijance od 1,36 između naturalnog sjemena i brašna soje. Prosječna vrijednost udjela proteina u brašnu soje ispitivanih kultivara iznosila je 40,91% uz standardnu devijaciju od  $\pm 2,16$ . Hrvatski kultivar Zlata ima najveći prosječni udio proteina u provedenom istraživanju što se razlikuje od istraživanja u naturalnom sjemenu. U istraživanju naturalnog sjemena najveći udio proteina imao je kultivar Đurđica. Najmanji udio proteina od 35,24% zabilježen je u kanadskog kultivara Quito što se podudara s istraživanjem naturalnog sjemena za svojstvo udjela proteina. Koeficijent varijacije za svojstvo udjela proteina iznosio je relativno nisku vrijednost 5,26%, što je i očekivano s obzirom na mali broj kultivara uključenih u istraživanje te sam odabir koje se temeljio na prethodnim literaturnim podacima o udjelu proteina i ulja dobivenih od strane oplemenjivača i proizvođača u cilju detaljnije analize proteinskog sastava sjemena i brašna soje.

U ovom istraživanju prosječna vrijednost udjela ulja iznosila je 21,99% uz standardnu devijaciju od  $\pm 1,06$ . Vrijednosti udjela sadržaja ulja kretale su se od 20,29% (Altapro) do 24,7% (Quito), dok je koeficijent varijacije bio slične niže vrijednosti, kao i za sadržaj proteina, a iznosio je 4,81%.

Tablica 3. Prikaz prosječnih parametara kvalitete brašna 17 kultivara soje

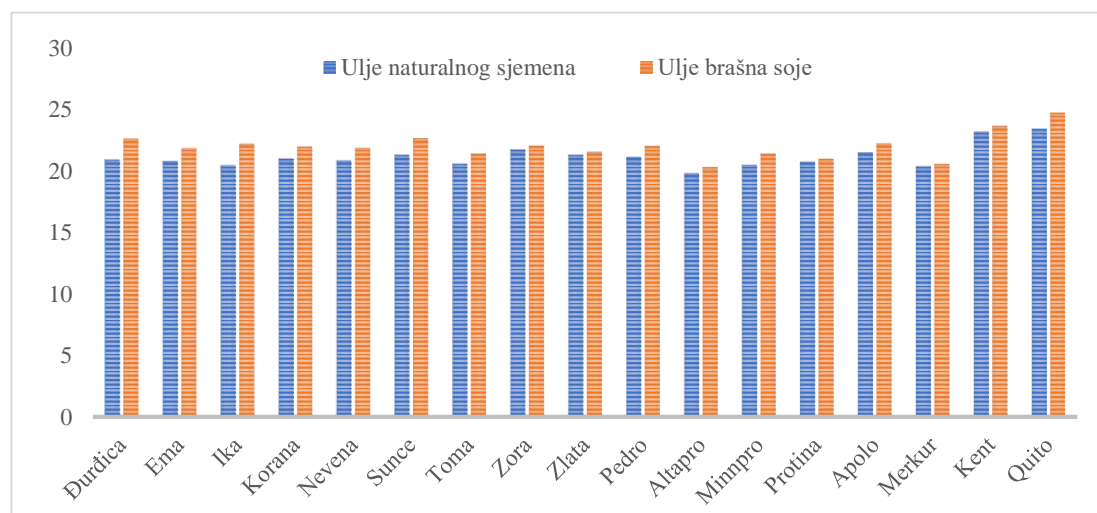
Sorta	Proteini %	Ulje %	Minerali %	Vlakna%	Vlaga %
Đurđica	43,33	22,59	4,75	5,48	7,08
Ema	41,95	21,83	5,41	5,24	7,35
Ika	41,06	22,18	5,13	5,09	7,24
Korana	41,20	21,95	5,42	5,51	7,22
Nevena	41,21	21,85	5,35	5,2	7,36
Sunce	41,32	22,62	5,22	4,95	7,23
Toma	41,43	21,39	5,36	5,37	7,32
Zora	41,89	22,03	5,22	5,71	7,17
Zlata	43,65	21,54	5,33	4,95	7,48
Pedro	41,41	22	5,31	5,39	7,13
Altapro	41,24	20,29	5,58	5,49	7,69
Minnpro	42,15	21,39	5,51	5,07	7,50
Protina	39,31	20,97	5,58	5,23	7,77
Apolo	39,08	22,22	5,34	5,46	7,21
Merkur	43,59	20,56	5,14	5,07	7,43
Kent	37,54	23,65	5,6	5,28	7,41
Quito	35,24	24,7	5,73	6,70	7,52
$\bar{x}$	<b>40,98</b>	<b>21,99</b>	<b>5,35</b>	<b>5,36</b>	<b>7,36</b>
<b>s</b>	<b>2,16</b>	<b>1,06</b>	<b>0,23</b>	<b>0,40</b>	<b>0,19</b>
$s\bar{x}$	<b>0,52</b>	<b>0,26</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>
<b>KV</b>	<b>5,26</b>	<b>4,81</b>	<b>4,27</b>	<b>7,55</b>	<b>2,60</b>
$s^2$	<b>4,65</b>	<b>1,12</b>	<b>0,05</b>	<b>0,16</b>	<b>0,04</b>

U grafikonima 1. i 2. prikazani su odnosi mjerenja proteina i ulja naturalnog sjemena i brašna soje. Prilikom mjerenja brašna soje zapaženi su veći rezultati količine ulje te veći ili jednaki rezultati količine proteina. Najveće odstupanje rezultata između mjerenja proteina naturalnog sjemena i brašna soje pokazali su kultivari Zora, Zlata i Protina. Kultivar Zora imao je 1,36% veći rezultat u samljevenom obliku, kultivar Zlata 1,25% te kultivar Protina 1,25% manji rezultat u samljevenom obliku.



Grafikon 1. Usporedba rezultata proteina naturalnog sjemena i brašna soje

Najveće odstupanje rezultata između mjerenja ulja naturalnog sjemena i brašna soje pokazali su kultivari Ika i Đurđica. Kultivar Ika imao je 1,77% veći rezultat u samljevenom obliku, a kultivar Đurđica 1,71%. Usporedbom rezultata zabilježeno je povećanje udjela ulja u brašnu kod svih ispitivanih kultivara.



Grafikon 2. Usporedba rezultata ulja naturalnog sjemena i brašna soje

Svojstva kvalitete zrna na koja se sve više stavlja naglasak u oplemenjivanju i uzgoju su koncentracija proteina i ulja te sastav i koncentracija masnih kiselina. Temelj postizanja ciljeva u oplemenjivanju odnosno stvaranju superiornih genotipova koji se prilagođavaju različitim klimatskim uvjetima su: genetska raznolikost potencijalnih roditeljskih komponenti, heritabilnost i genetski napredak za svojstva od interesa (Matoša Kočar, 2016.).

Kako je prethodno navedeno u istraživanje je uključeno devet hrvatskih i osam stranih sorata soje. U tablicama 4. i 5. prikazane je usporedbe vrijednosti količine proteina i ulja. Vidljiva je zamjetna varijabilnost te eventualne različite ciljeve oplemenjivanja u glavnim parametrima kvalitete.

Tablica 4. Varijabilnost sadržaja proteina i ulja hrvatskih kultivara soje

Domaća sorta	Proteini %	Ulje %
Đurđica	42,60	20,88
Ema	41,27	20,76
Ika	41,47	20,41
Korana	40,36	20,96
Nevena	41,57	20,81
Sunce	42,29	21,27
Toma	41,79	20,55
Zora	40,53	21,69
Zlata	42,4	21,28
Statistički parametri		
$\bar{x}$	<b>41,59 %</b>	<b>20,96 %</b>
s	<b>0,79 %</b>	<b>0,40 %</b>
$s\bar{x}$	<b>0,26</b>	<b>0,13</b>
<b>KV</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>
$s^2$	<b>0,61</b>	<b>0,16</b>

Domaći kultivari Poljoprivrednog instituta Osijek pokazali su izrazito visok udio proteina i ulja. Kultivar Đurđica s udjelom proteina 42,60 % je kultivar s najvećim prosječnim udjelom proteina u provedenom istraživanju. Kanadski kultivari Kent i Quito su kultivari s udjelom ulja

većim od 23% te smanjenim udjelom proteina što znači da je smjer oplemenjivanja bio u smjeru povećanja ulja s ciljem proizvodnje sojinog ulja. Kultivar Quito s udjelom ulja 23,38% je kultivar s najvećim udjelom ulja u provedenom istraživanju, ali također i s najmanjim udjelom proteina s 35,38 % (tablica 4 i tablica 5).

Vrijednosti proteina domaćih kultivara kretale su se u rasponu 40,36 – 42,60%, a ulja 20,27-21,69%. Aritmetička sredina za domaće kultivare iznosila je 41,59% za proteine i 20,96% za ulje. Standardna devijacija iznosila je 0,79% za proteine i 0,40% za ulje. Koeficijent varijacije iznosio je 1,9 % za proteine i 1,9% za ulje.

Tablica 5. Varijabilnost sadržaja proteina i ulja stranih kultivara soje

Strana sorta	Proteini %	Ulje %
Pedro	40,27	21,09
Altapro	41,53	19,76
Minnpro	41,74	20,43
Protina	40,56	20,70
Apolo	39,24	21,45
Merkur	42,40	20,34
Kent	38,32	23,16
Quito	35,39	23,38
Statistički parametri		
$\bar{x}$	<b>39,93 %</b>	<b>21,29 %</b>
s	<b>2,27 %</b>	<b>1,32 %</b>
$s\bar{x}$	<b>0,78</b>	<b>0,45</b>
<b>KV</b>	<b>5,69</b>	<b>6,22</b>
$s^2$	<b>5,16</b>	<b>1,75</b>

Vrijednosti proteina stranih kultivara kretale su se u rasponu 35,39 – 42,40%, a ulja 19,76 – 23,38% što su iznimno veliki rasponi u usporedbi s domaćim kultivarima. Strani kultivari su oplemenjivani više na određeno svojstvo, proteini ili ulje dok se kod domaćih kultivara istovremeno poboljšavaju oba svojstva.

Oplemenjivanjem svojstava količine proteina i ulja treba uzeti u obzir međusoban odnos svojstva zbog potvrđene izrazito negativne korelacije proteina i ulja u zrnju. (Malik i sur., 2007.; Akond i sur., 2012.; Popović i sur., 2012.b; Bueno i sur., 2013.; Song i sur., 2013.; Rodrigues i sur., 2014.). što predstavlja dodatan izazov u oplemenjivanju. Kod stranih kultivara aritmetička sredina iznosila je 39,93% za proteine što iznosi 1,66 % manje od domaćih kultivara. Aritmetička sredina za ulje iznosila je 21,29% što iznosi 0,33% veću vrijednost od domaćih kultivara. Standardna devijacija iznosila je 2,27% za proteine i 1,32% za ulje. Koeficijent varijacije iznosio je 5,69 % za proteine i 6,22% za ulje.

Koncentracije bjelančevina i ulja su određene aditivnim djelovanjem gena, a procjene heritabilnosti variraju od srednjih do visokih (Malik i sur., 2006.; Jauregui i sur., 2011.; Rodrigues i sur., 2014.).

Količina bjelančevina u zrnju soje nasljeđuje se poligeno te može varirati od 30-50% na bazi apsolutno suhe tvari (Vratarić i Sudarić, 2008.).

Količina bjelančevina u zrnju soje je kvantitativno svojstvo koje se nasljeđuje poligeno, a ovisno o genotipu i uvjetima uzgoja varira od 30 % do 50 % na bazi apsolutno suhe tvari (AST)“ (Vratarić i Sudarić, 2008.).

### **3.3. Aminokiselinski sastav brašna 17 kultivara soje**

Analiziran je aminokiselinski sastav brašna soje pomoću analizatora Perten DA 7250 AT-line NIR. Za ljudsku ishranu esencijalno je 9 aminokiselina, a to su treonin, valin, metionin, leucin, izoleucin, fenilalanin, lizin, histidin, triptofan. Glicinin je glavni protein soje i sadrži sve esencijalne aminokiseline što soju čini idealnom zamjenom za meso. Esencijalne aminokiseline čovjek ne može sintetizirati već ih mora unijeti prehranom. Soja ima biološku vrijednost 60-90% zbog nedovoljne količine metionina i cisteina. Cistein je vezan uz metionin zato što nastaje razgradnjom metionina. Metionin i cistein ujedno ovise jedan o drugome. Metionin je usko vezan za sumpor. Nedostatak aminokiselina sa sumporom ima svoje prednosti. Koštani sustav djeluje kao pufer sustav u organizmu te vodikovi ioni, proizvedeni metabolizmom aminokiselina sa sumporom, uzrokuju demineralizaciju kostiju tako što se kalcij izlučuje urinom (Messina, 1999.).

U Tablici 6. možemo vidjeti da kultivar Đurđica ima najveću koncentraciju metionina. U istraživanju kultivar Đurđica imao je najveći udio proteina od svih 17 istraživanih kultivara.

Tablica 6. Esencijalne aminokiseline u kultivarima soje (% od suhe tvari)

Sorta	Treonin	Valin	Metionin	Leucin	Izoleucin	Fenilalanin	Lizin	Histidin	Triptofan
Đurđica	0,45	0,52	0,7	3,02	2,05	2,48	2,45	0,93	1,81
Ema	0,44	0,41	0,61	3,24	2,07	2,24	2,72	0,73	1,67
Ika	0,45	0,52	0,6	3,06	1,97	2,15	2,69	0,9	1,59
Korana	0,43	0,53	0,59	3,30	2,09	2,13	2,71	0,52	1,65
Nevena	0,44	0,52	0,6	3,17	2,03	2,16	2,69	0,81	1,62
Sunce	0,45	0,51	0,6	3,22	2,05	2,17	2,69	0,77	1,61
Toma	0,44	0,53	0,61	3,17	2,02	2,18	2,69	0,78	1,64
Zora	0,45	0,52	0,61	3,28	2,12	2,20	2,70	0,51	1,63
Zlata	0,47	0,53	0,62	3,35	2,05	2,16	2,88	1,07	1,59
Pedro	0,43	0,53	0,6	3,28	2,05	2,10	2,74	0,79	1,58
Altapro	0,45	0,52	0,62	3,22	2,18	2,14	2,76	0,77	1,69
Minnpro	0,45	0,52	0,62	3,24	2,04	2,14	2,76	0,85	1,63
Protina	0,42	0,53	0,62	3,07	1,95	2,07	2,66	0,76	1,61
Apolo	0,42	0,53	0,61	2,88	1,90	2,1	2,51	0,77	1,58
Merkur	0,47	0,55	0,63	3,35	2,09	2,19	2,8	0,84	1,62
Kent	0,40	0,52	0,61	2,86	1,92	2,06	2,47	0,69	1,60

Na temelju izmjerenih visokih vrijednosti sadržaja proteina te povoljnog aminokiselinskog sastava koristeći NIR, odabrano je četiri kultivara: Đurđica, Merkur Quito i Kent koji su dalje analizirani primjenom visokotlačne tekućinske kromatografije (HPLC). Uređaj visokotlačne tekućinske kromatografije radi na principu razdvajanja komponenti iz smjese na osnovi kemijskih interakcija između tvari. HPLC analizom utvrđen je postotak ukupnih topljivih proteina odnosno podjedinica 7S i 11S globulina (Tablica 7.) u brašnu navedenih kultivara soje. Ukupni topljivi proteini (7S i 11S globulini) su izrazito važni prilikom izdvajanja proteina iz soje. Globulini su apolarni što znači da nisu topljivi u vodi, ali su topljivi u razrijeđenim slanim otapalima neutralnog pH. Izrazito su važni u prehrani zbog svog specifičnog sastava. Globulini se sastoje od svih esencijalnih aminokiselina što je izrazito bitno u prehrambenoj industriji.



Tablica 7. Sadržaj ukupnih topljivih proteina u brašnu soje

Kultivar	Ukupni topljivi proteini (7S i 11S globulini) (mg / g <sub>ST</sub> )	Suha tvar (ST) (%)
Đurđica	156,84	91,85
Merkur	172,35	92,17
Quito	119,37	92,03
Kent	146,20	91,76
$\bar{X}$ (mg / g <sub>ST</sub> )	148,69	
S (mg / g <sub>ST</sub> )	20,83	
KV	14%	

Iz rezultata dobivenih visokotlačnom tekućinskom kromatografijom (HPLC) možemo zaključiti kako kultivar Merkur ima najveću količinu topljivih proteina. Merkur ima 15,51 (mg/g<sub>ST</sub>) više topljivih proteina od Đurđice koja je u istraživanju imala 0,2% veći udio ukupnih proteina. Kultivar Kent imao je 38,32 % ukupnih proteina (tablica 2) što je ispod aritmetičke sredine stranih kultivara je pokazao izrazito visok sadržaj topljivih proteina što nam dokazuje da udio topljivih proteina nije usko vezan za količinu ukupnih proteina. Aritmetička sredina ispitanih kultivara iznosi 148,69 (mg/g<sub>ST</sub>) ± 20,83 te relativno visok koeficijent varijance iznosio je 14%.

Rezultati istraživanja mogu pomoći pri razmjeni oplemenjivačkog materijala i povećanju genetske raznolikosti unošenjem strane germplazme.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Istraživanje je provedeno na 17 kultivara soje (*Glycine max* (L.) Merr.). Devet kultivara su rezultat domaćeg oplemenjivačkog rada, a ostalih osam kultivara su iz stranih instituta. Korištenjem bliska infracrvene spektroskopije (NIR) utvrđena je količina najvažnijih parametara kvalitete soje: protein, ulje, vlakna, minerali, vlaga. Kultivar Đurđica imao je najveću vrijednost udjela proteina od 42,60 % suhe tvari. Strani kultivari su imali niže vrijednosti količine proteina, ali veće vrijednosti količine ulja. Kultivar Quito imao je najveću vrijednost količine ulja od 23,38% suhe tvari. S ciljem bolje usporedbe stranih i domaćih kultivara izvršeno je mljevenje uzoraka naturalnog sjemena soje svih 17 kultivara u brašno. Brašno soje je mljeveno s ljuskom. Usporedbom rezultata utvrđena su drugačija mjerenja. U brašnu soje utvrđene su nešto veće vrijednosti. Aritmetička sredina proteina devet domaćih kultivara iznosila je 41,59%, a ulja 20,96%. Aritmetička sredina proteina osam stranih kultivara iznosila je 39,93%, a ulja 21,29% što nam govori o visokoj kvaliteti Hrvatskog sortimenta. HPLC kromatografijom utvrđeno je stanje topljivih proteina. Topljivi proteini nisu usko vezani za količinu ukupnih proteina. Kultivar Đurđica imao je za 0,2% veći udio ukupnih proteina od kultivara Merkur. Kultivar Merkur pokazao je za gotovo 10% veći udio topljivih proteina od Đurđice. Istraživanje će pomoći u daljnjem razvoju dobivanja sojinog proteinskog izolata za kojeg su izrazito bitni topljivi proteini.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Burssens S. i suradnici (2011), Soya, Human Nutrition and Health, Ghent University, Belgium, 159-170
2. Jukić, G., i suradnici (2019), Utjecaj genotipa, godine i lokacije na prinos, udio ulja i proteina u soji, Osijek
3. Matoša Kočar, M. (2016.): Genetska varijabilnost svojstava kvalitete germplazme soje (*Glycine max* L. Merr.). Doktorska disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek.
4. Matoša Kočar, M., Sudarić, A., Vila, S., Petrović, S., Rebekić, A., Josipović, A., Markulj Kulundžić, A. (2017.): Varijabilnost fenotipske ekspresije svojstava kvalitete zrna elitnih linija soje, Osijek, 5-10
5. Matoša Kočar, M., Vila, S., Petrović, S., Rebekić, A., Sudarić, A., Josipović, A., Markulj Kulundžić, A. (2020.): Assessment of phenotypic variability of saccharides in soybean genotypes suitable for growing in Europe. *Journal of Central European Agriculture* 21(1), 92-103.
6. Naoya, K., Hiroko, I. (2005.): Stepwise Extraction of Proteins and Carbohydrates from Soybean Seed, Osaka Prefecture University, Japan, 2-6.
7. Rebekić, A. (2017.): Opisna statistika, Osijek
8. Varnica, I. (2020.): AGROMORFOLOŠKA RAZLIČITOST GERMPLAZME SOJE, Doktorska disertacija, Osijek, 3-15
9. Vratarić, M., Sudarić, A. (2000.): Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek, 220-222.
10. Vratarić, M., Sudarić, A. (2008.): Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek, 459-460.
11. Vratarić, M., Sudarić, A. (2010.): Agronomska vrijednost novih vrlo ranih sorata soje, Poljoprivredni institut Osijek, Osijek, 5-10.
12. Zhang, D. (2017.): The genetic architecture of water-soluble protein content and its genetic relationship to total protein content in soybean, 1-5.
13. Zimmer, S. (2015): Effects of soybean variety and Bradyrhizobium strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany, 39-41.
14. <https://bc-institut.hr/> 15.8.2021
15. <https://www.poljinos.hr/> 10.8.2021.
16. <https://farm-en.desigusxpro.com/posadka/ogorod/bobovye/soya/foto-i-harakteristiki-sortov-soi.html> 1.8.2021.
17. <http://52.18.32.221/en-fr/nos-varietes/protina-soy> 1.8.2021.