

ISKORIŠĆENJE I KAPACITET PROIZVODNJE HLADNO PRESOVANOG ULJA SEMENA ULJANIH I KONZUMNIH HIBRI- DA SUNCOKRETA

Tanja Lužaić¹, Nada Grahovac², Sandra Cvejić², Nada Hladni², Siniša Jocić², Ranko Romanić^{1*}

IZVOD

U svetu, prema podacima Organizacije za hranu i poljoprivredu (Food and Agriculture Organization, FAO) i Departmana za poljoprivredu Sjedinjenih Američkih Država (United States Department of Agriculture, USDA) proizvodnja semena suncokreta raste. Takođe, u svetu rastu i potrebe za proizvodnjom ulja i visokokvalitetnih proteina, zbog čega su se izdiferencirali i hibridi suncokreta u cilju zadovoljenja pomenutih potreba na uljane i konzumne (neuljane, proteinske). Istraživanjem u ovom radu pokazano je da je proizvodnja ulja postupkom hladnog presovanja moguća i od konzumnih hibrida suncokreta, ne samo od uljanih, međutim razlike u iskorišćenju i kapacitetu tj. količini dobijenog ulja su značajne. Iskorišćenje ulja i semena bili su 2,12 i 2,17 puta veći kod uljanih u odnosu na konzumne hibride suncokreta, dok za 1 h kroz presu prođe 1,84 puta više semena i dobije se 3,89 puta više ulja, kod uljanih u odnosu na konzumne hibride suncokreta.

Ključne reči: suncokret, uljani hibridi, konzumni hibridi, hladno presovano ulje, iskorišćenje

PRODUCTION YIELD AND CAPACITY OF COLD PRESSED OIL OF OILY AND CONFECTIONARY SUNFLOWER HYBRID SEEDS

ABSTRACT

According to the Food and Agriculture Organization (FAO) and the United States Department of Agriculture (USDA), world sunflower seed production is increasing. The needs for the production of oil and high-quality proteins are growing in the world, which is the reason for sunflower hybrids divergence in oily and confectionary (non-oily, protein) hybrids, in order to meet the mentioned needs. Research in the paper has shown that the production of oil by cold pressing is possible from confectionary sunflower hybrids, not only from oily, but the differences in the oil yield and amount of obtained oil are significant. Oil and seed yield were 2.12 and 2.17 times higher for oily compared to confectionary sunflower hybrids, while 1.84 times more seed and 3.89 times more oil of oily hybrids passed through the press in 1 hour compared to confectionary sunflower hybrids.

Key words: sunflower, oily hybrids, confectionary hybrids, cold pressed oil, yield

UVOD

Seme suncokreta je u prvih pet najzastupljenijih uljarica na svetu, kao i suncokretovo ulje među jestivim biljnim uljima. U cilju poboljšanja karakteristika suncokreta, oplemenjivači stvaraju nove hibride. Kod suncokreta su se izdvojile dve grupe

hibrida, pre svega hibridi sa povećanim sadržajem ulja (uljani hibridi), čije je seme prvenstveno namenjeno za proizvodnju ulja, i hibridi sa povećanim sadržajem proteina (konzumni, neuljani, proteinski hibridi). Hibride suncokreta uljanog tipa karakteriše uglavnom crno seme, sa tankom ljuskom, a sadržaj ulja je iznad 40%. Sa druge strane, konzumni hibridi suncokreta ima krupnije seme sa debljom, uglavnom šarenom najčešće crno - belom ljuskom koja slabo prijanja uz jezgro i lako se odstranjuje (González-Pérez i Vereijken, 2007). Ovo seme sadrži značajno manje ulja (oko 30%).

Način izdvajanja ulja utiče na sadržaj i sastav minoritnih jedinjenja koja imaju funkcionalna svojstva i

* Dr Ranko Romanić, docent

Tel.: +381 21 485 3700; E-mail: rankor@uns.ac.rs

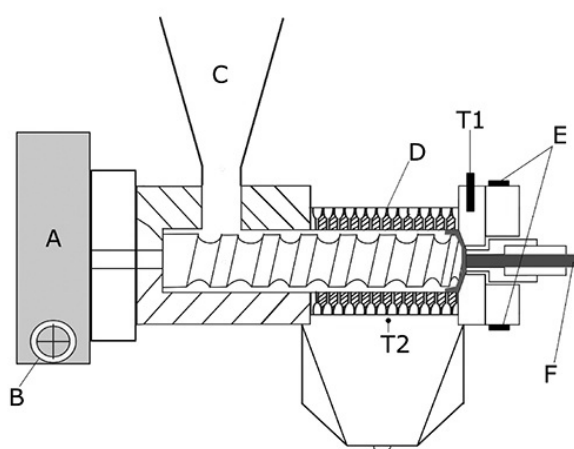
¹ Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija

² Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija

doprinosu oksidativnoj stabilnosti ulja. U poslednje vreme, tehnologija hladnog presovanja ulja postaje poželjna alternativa široko zastupljenoj „hemijskoj“ ekstrakciji ulja zbog želje potrošača za bezbednim i prirodnim jestivim proizvodima (Ramadan, 2013; Kiralan i sar., 2018; El Makawy i sar., 2019). Prednosti tehnologije hladnog presovanja na industrijskom nivou uključuju nižu potrošnju energije i niže investicione troškove. Ovaj način izdvajanja ulja ne koristi toksične rastvarače i ne stvara otpadne vode, što osigurava bezbedno radno okruženje za zaposlene. Izdvajanje ulja mehaničkim putem (hladnim presovanjem) ima manji uticaj na životnu sredinu, u poređenju sa hemijskom ekstrakcijom (pomoću rastvarača) i poka-

zuje veću fleksibilnost jer je obrada različitih vrsta semena brza i laka. Hladno presovana ulja su poželjnija u odnosu na rafinisana ulja, jer sadrže više antioksidanasa i bioaktivnih komponenti poput sterola, karotenoida i fenola. Takođe, hladno presovana ulja sadrže prirodno prisutne biološki aktivne supstance poput fenolnih jedinjenja i tokoferola, koje poboljšavaju oksidativnu stabilnost ulja (Bhatnagar i Gopala Krishna, 2014; Prescha i sar., 2014).

Uređaji za hladno presovanje imaju jednostavnu radnu šemu u kojoj se seme uljarice dovodi na jedan ulaz, a nastaju ulje i pogača (Çakaloğlu i sar., 2018), slika 1.



- A - elektromotor
- B - elektromotor/regulator broja obrtaja
- C - levak za napajanje prese semenom
- D - otvori za izlaz ulja
- E - regulator temperature glave prese
- F - izlaz pogače kroz otvor (diznu)
- T1, T2 - temperaturni senzori

Slika 1. Pužna presa pogodna za presovanje ulja iz semena suncokreta (Romanić, 2020)

Figure 1. Mechanical screw press for sunflower oilseeds extraction (Romanić, 2020)

U principu, seme se dovodi u prostor gde se pritiskom smanjuje zapremina dostupna semenu i na taj način pritiskom na seme vrši istiskivanje ulja iz njega (Elhassan, 2009; Nde i Foncha, 2020). Pužna presa sastoji se od levka za napajanje prese semenom, pogonskog dela (elektromotor sa reduktorom), puža, plašta (tzv. košuljice ili korpe) i glave prese sa konusnim prstenom na izlazu (tzv. diznu).

Kritični parametri prilikom proizvodnje hladno presovanog ulja su karakteristike sirovine, tj. materijala (semena) za presovanje (vrsta sirovine, prisustvo ljuske, sadržaj ulja i sadržaj vlage), napajanje prese materijalom (semenom) za presovanje, temperatura, brzina rotacije puža, prečnik otvora za pogaču na izlazu iz prese, predtretman materijala (semena) za presovanje (Çakaloğlu i sar., 2018). Svi pomenuti parametri utiču i na iskorišćenje prilikom presovanja. Cilj ovog rada je da se ispita iskorišćenje ulja i semena, kao i protok materijala za presovanje i ulja kroz presu (kapacitet presovanja) novih uljanih i konzumnih hibrida suncokretra uzgajanih u dve godine ispitivanja. Primenim hijerarhijske klaster

analize ispitana je i različitost među uzorcima na osnovu ispitanih parametara.

MATERIJAL I METODE RADA

Materijal

U eksperimentalnom istraživanju u ovom radu korišćeno je seme četiri najnovija uljana: NS Konstantin, NS Ronin, Pegaz i NS Romeo, i četiri najnovija konzumna hibrida suncokretra: NS-H-6791, NS-H-6308, NS-H-6489 i NS-H-6488, druge filijalne generacije (F2). Hibridi suncokretra gajeni su na lokaciji Novi Sad, Srbija, na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu (45°15'6,01" severne geografske širine, 19°50'12,98" istočne geografske dužine). Uzorci za ispitivanja su uzeti od semena hibrida gajenih u dve godine ispitivanja, 2017. i 2018. Svi hibridi su dvoredni hibridi dobijeni ukrštanjem majčinskih linija, citoplazmatske muške sterilne i samooplodne očinske linije koje poseduju gene za obnavljanje plodnosti. Suncokret je uzgajan

pod standardnim uslovima gajenja bez navodnjavanja. Svi hibridi posejani su u tri bloka, slučajnom raspodelom. Osnovna veličina parcele iznosila je 13,3 m² (0,7 × 0,25 × 76), a sakupljeno je seme iz dva srednja reda i upotrebljeno za ispitivanja. Reprezentativna količina semena čuvana je na 20°C do trenutka proizvodnje ulja (presovanja) i ispitivanja. Proizvodni uzorak koji predstavlja masu materijala za presovanje (m) kretao se od 3,052 do 6,000 kg. Posle 6 meseci skladištenja seme je presovano na pužnoj presi proizvođača SZR Mikron (Temerin, Srbija), snaga pogonskog motora: 2,2 kW, serijski broj: 119, projektovanog kapaciteta 25 - 30 kg/h, pri frekvenciji od 33 - 34 o/min. Pre započetog procesa presovanja, presa tj. glava prese je pomoću grejača zagrejana na radnu temperaturu (80 - 100°C). Nakon presovanja dobijena su dva proizvoda, sporedni - pogača i glavni - hladno presovano ulje. Dobijena pogača nakon presovanja je ohlađena do sobne temperature, izmerena i skladištena na sobnoj temperaturi (20°C) do ispitivanja.

Metode

Iskorišćenje ulja (Yo) izračunato je na osnovu sadržaja ulja u semenu (Os), izraženog kao g ulja po g semena, i sadržaja ulja u pogači (Oc), izraženog kao g ulja po g pogače, dobijenoj nakon izdvajanja ulja pomoću pužne prese na osnovu jednačine (1) (Beerens, 2007; Karaj i Müller, 2011):

$$Yo(\%) = \left[1 - \frac{Oc/(1-Oc)}{Os/(1-Os)} \right] \times 100 \quad (1)$$

Sadržaj ulja u polaznom materijalu (semenu) koje je presovano (Os) i dobijenoj pogači (Oc) određen je metodom ekstrakcije po Soxhlet-u (SRPS EN ISO 659:2011).

Iskorišćenje semena (Ys) predstavlja teorijsku vrednost i ukazuje na udeo semena potpuno iskorišćenog za proizvodnju ulja, a računa se takođe, na osnovu sadržaja ulja u semenu (Os) i sadržaja ulja u dobijenoj pogači (Oc), pomoću jednačine (2):

$$Ys(\%) = \left[100 - \frac{Oc}{Os} \right] \times 100 \quad (2)$$

Protok materijala kroz presu (Qs) daje podatke o realnom kapacitetu prese ostvarenom prilikom presovanja pojedinačnih hibrida, a računa se na osnovu količine materijala za presovanje (m) i vremena presovanja (τ), pomoću jednačine (3):

$$Qs \left(\frac{kg}{h} \right) = \frac{m}{\tau} \times 60 \quad (3)$$

Protok ulja (Qo) predstavlja količinu ulja u kg koja izađe iz prese u jednom času, a računa se na

osnovu protoka materijala (Qs) i iskorišćenja ulja (Yo), prema jednačini (4):

$$Qo \left(\frac{kg}{h} \right) = \frac{Qs \times Yo}{100} \quad (4)$$

Hijerarhijska klaster analiza koristi se u cilju grupisanja sličnih uzoraka u isti klaster na osnovu promenljivih koje opisuju ispitivane uzorke (Miller i Miller, 2010; Kovačević i sar., 2019). Na osnovu ispitanih parametara: sadržaja ulja u semenu i pogači, mase materijala za presovanje i vreme presovanja, iskorišćenja ulja i semena i protoka semena i ulja kroz presu ispitanih hibrida suncokreta urađena je hijerarhijska klaster analiza sa ciljem utvrđivanja različitosti među uzorcima. Primenjena metoda grupisanja je metoda najbližih elemenata (engl. *Single Linkage*) a različitost među uzorcima prikazana je kao vrednost Euklidovih rastojanja (engl. *Euclidean distances*).

Statistička obrada dobijenih rezultata izvršena je primenom softvera *Statistica*, verzija 13.5.0.17 (StatSoft, Tulsa, Oklahoma, SAD).

REZULTATI I DISKUSIJA

Mnogi faktori, kao što su genotip, površina uzgoja, vrsta zemljišta, primena agrotehničkih mera, klimatski uslovi i uslovi obrade, utiču na hemijski sastav i stoga na hranljivu vrednost uljarica (García-Rebollar i sar., 2016). Sadržaj ulja u semenu uljanih hibrida suncokreta kretao se od 36,10 ± 3,19 % do 43,70 ± 1,56 %, dok su konzumni hibridi suncokreta imali značajno manje količine ulja, od 21,93 ± 0,38 % do 33,63 ± 1,38 % (tabela 1). Ukoliko se uporede prva i druga godina ispitivanja, uočava se da je utvrđeni prosečni sadržaj ulja nešto veći u drugoj godini ispitivanja, i kod uljanih i kod konzumnih hibrida suncokreta. Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da na sadržaj ulja utiču vrsta hibrida, kao i uslovi gajenja, što je u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima (Aguirrezábal i sar., 2003; Izquierdo i sar., 2008).

Značajno veća količina ulja (18,26 ± 1,06 %) ostala je nakon presovanja u pogači konzumnih hibrida suncokreta u prvoj godini ispitivanja, u odnosu na pogaču uljanih hibrida (15,69 ± 0,96 %). Veća količina ulja ostalog u pogači kod konzumnih hibrida, pored značajno manjeg prosečnog sadržaja ulja u semenu (23,79 ± 1,23 %), u poređenju sa uljanim hibridima (39,15 ± 3,06 %) ukazuje na značajno manji prinos ulja dobijen presovanjem. U drugoj godini ispitivanja utvrđen je veći sadržaj ulja u pogačama ispitanih hibrida (18,26 ± 1,06 % i 19,47 ± 3,39 %, kako kod uljanih, tako i kod konzumnih hibrida sun-

cokreta, redom), što je u skladu sa dobijenim vrednostima sadržaja ulja u semenu (tabela 1). Podaci o nešto nižim vrednostima sadržaja ulja u pogači se-

mena suncokreta, i to $14,32 \pm 0,10$ % i $17,19 \pm 0,04$ %, postoje i u literaturi (Evon i sar., 2009).

Tabela 1. Sadržaj ulja u semenu i pogači ispitanih hibrida suncokreta
Table 1. Seeds and cakes oil content of the examined sunflower hybrids

Hibrid <i>Hybrid</i> 1. godina		Sadržaj ulja u semenu <i>Seed oil content</i> Os [%]		Sadržaj ulja u pogači <i>Cake oil content</i> Oc [%]	
		2. godina	1. godina	2. godina	1. godina
Uljani <i>Oily</i>	NS Konstantin	41,66 ± 2,08	41,66 ± 2,08	14,80 ± 0,05	17,44 ± 0,02
	NS Ronin	36,93 ± 1,36	36,93 ± 1,36	16,46 ± 0,01	19,19 ± 0,10
	Pegaz	41,91 ± 2,34	41,91 ± 2,34	16,58 ± 0,75	19,16 ± 0,37
	NS Romeo	36,10 ± 3,19	36,10 ± 3,19	14,92 ± 0,05	17,25 ± 0,03
	Prosek / <i>Average</i>	39,15 ± 3,06	41,84 ± 1,60	15,69 ± 0,96	18,26 ± 1,06
Konzumni <i>Confectionary</i>	NS-H-6791	22,45 ± 1,60	25,76 ± 0,76	18,47 ± 0,10	17,63 ± 0,10
	NS-H-6308	24,38 ± 0,29	21,93 ± 0,38	17,14 ± 0,78	15,62 ± 0,24
	NS-H-6489	23,12 ± 0,20	30,54 ± 0,24	16,98 ± 0,81	22,12 ± 0,09
	NS-H-6488	25,20 ± 1,29	33,63 ± 1,38	20,31 ± 0,13	22,50 ± 0,08
	Prosek/ <i>Average</i>	23,79 ± 1,23	27,97 ± 5,16	18,23 ± 1,54	19,47 ± 3,39

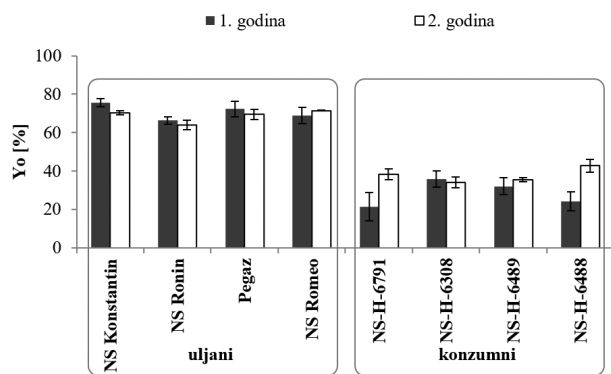
Prilikom presovanja težnja je bila da podešeni uslovi presovanja budu istovetni kod svih uzoraka. Presa je podešena na sledeći način: temperatura predgrevanja glave prese iznosila je 80 - 100°C, broj obrtaja puža podešen je na 33 - 34 obrtaja u minuti, zato što je dokazano da je pri manjem broju obrtaja puža iskorišćenje ulja veće, međutim tada sam proces traje duže, a temperatura dobijenog ulja je manja (Teh, 2016). Za ispitivanje je odabran manji broj obrtaja sa ciljem dobijanja što većeg iskorišćenja ulja sa jedne, i sa što boljim kvalitetom ulja sa druge strane. Odabir broja obrtaja nije značajno uticao na vreme presovanja, budući da su količine semena za presovanje iznosile oko 5 kg (tabela 2). Vreme presovanja kretalo se od 7 do čak 23 minuta. Na vreme presovanja, pored parametara presovanja i karakteristika semena, na-

jveći uticaj ima količina semena za presovanje, koja je zavisila od količine semena dobijene na eksperimentalnoj parceli. Korelacija dobijena između količine semena za presovanje i vremena presovanja iznosila je $R = 0,58$ ($p = 0,019$).

Vrednost iskorišćenja je izuzetno bitan ekonomski parametar. Uljani hibridi su imali značajno veće vrednosti iskorišćenja - prinosa ulja mehaničkom ekstrakcijom pomoću pužne prese (od $64,05 \pm 2,48$ % do $75,61 \pm 1,99$ %) u odnosu na konzumne (od $21,40 \pm 7,49$ % do $42,62 \pm 3,29$ %), kao što je i prikazano na slici 2. Dobijeni rezultat je očekivan ako se uzme u obzir sadržaj ulja utvrđen u ispitanim semenima (tabela 1).

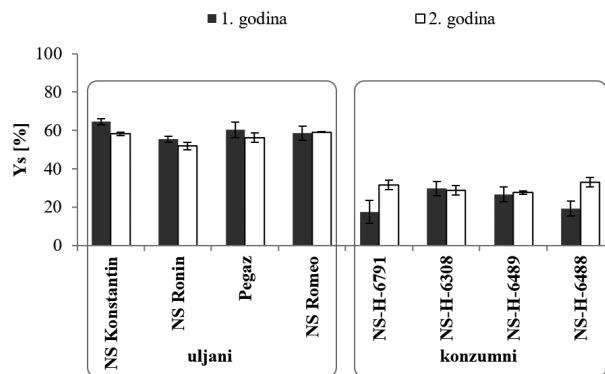
Tabela 2. Masa materijala za presovanje i vreme presovanja ispitanih hibrida suncokreta
Table 2. Pressing material mass and pressing time of the examined sunflower hybrids

Hibrid <i>Hybrid</i> 1. godina		Masa materijala za presovanje <i>Pressing material mass</i> m [kg]		Vreme presovanja <i>Pressing time</i> τ [min]	
		2. godina	1. godina	2. godina	1. godina
Uljani <i>Oily</i>	NS Konstantin	3,410	4,282	7,0	9,0
	NS Ronin	3,682	3,860	7,5	9,0
	Pegaz	3,558	3,984	7,0	8,0
	NS Romeo	5,106	3,750	10,0	8,0
Konzumni <i>Confectionary</i>	NS-H-6791	3,500	4,160	13,0	15,0
	NS-H-6308	3,400	3,100	14,0	12,0
	NS-H-6489	3,600	4,726	14,0	18,0
	NS-H-6488	6,000	3,052	23,0	11,0



Slika 2. Iskorišćenje ulja (Y_o) ispitanih hibrida suncokreta
Figure 2. Oil yield (Y_o) of the examined sunflower hybrids

U ispitanim hibridima izračunato je i iskorišćenje semena koje ukazuje na udeo polazne mase semena iz kojeg je ulje izdvojeno u potpunosti u postupku hladnog presovanja. Ova vrednost predstavlja teorijsku vrednost, budući da je poznato da je nemoguće da pogača koja zaostane nakon presovanja ne sadrži ulje. Iskorišćenje semena uljanih hibrida suncokreta je bilo značajno veće u odnosu na iskorišćenje semena konzumnih hibrida. Kod uljanih hibrida ove vrednosti su se kretale od $51,76 \pm 1,94$ % do $64,41 \pm 1,67$ %, a kod konzumnih hibrida od $17,45 \pm 6,13$ % do čak $33,03 \pm 2,52$ % (slika 3).



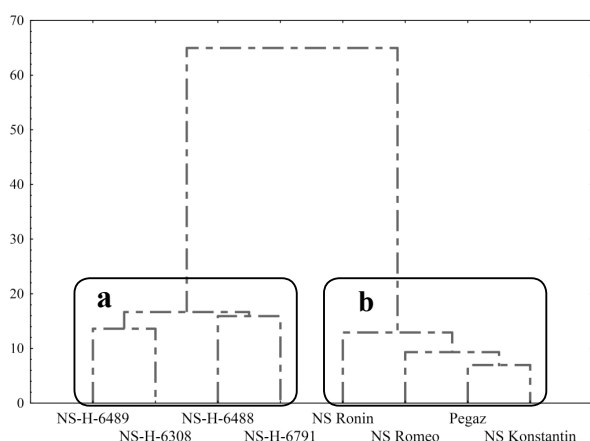
Slika 3. Iskorišćenje semena (Y_s) ispitanih hibrida suncokreta
Figure 3. Seed yield (Y_s) of the examined sunflower hybrids

Ostvareni kapacitet presovanja izražen kao protok semena je takođe izračunat i dobijene vrednosti su bliske maksimalnom kapacitetu prese (30 kg/h) kod uljanih hibrida suncokreta. Ostvareni kapacitet presovanja konzumnih hibrida je u proseku bio dvostruko manji ($15,45 \pm 0,66$ i $16,14 \pm 0,60$ kg/h) usled različitih karakteristika semena u odnosu na seme uljanih hibrida. Protok ulja je takođe bitan parametar u procesu proizvodnje ulja postupkom hladnog presovanja, jer ukazuje na masu ulja koja se proizvede u jedinici vremena. Za 1 h nastane između 16,48 i 22,10 kg hladno presovanog ulja suncokreta uljanih hibrida, dok se kod konzumnih hibrida ta vrednost kreće od 3,46 do 7,09 kg, u zavisnosti od vrste hibrida i uslova gajenja. Iz tabele 3 uočljivo je da se protok semena i ulja kod uljanih hibrida nije značajno menjao u dve ispitane godine, dok su kod konzumnih hibrida, kao i kod iskorišćenja, vrednosti protoka značajno veće u drugoj godini ispitivanja, što se povezuje sa povećanim vrednostima sadržaja ulja u semenu.

Tabela 3. Protok semena i ulja kroz presu ispitanih hibrida suncokreta
Table 3. Seed and oil flow of the examined sunflower hybrids through the press

Hibrid Hybrid 1. godina	Protok semena Seed flow Q_s [kg/h]		Protok ulja Oil flow Q_o [kg/h]		
	2. godina	1. godina	2. godina	1. godina	
Uljani Oily	NS Konstantin	29,23	28,55	22,10	20,09
	NS Ronin	29,46	25,73	19,53	16,48
	Pegaz	30,50	29,88	22,03	20,73
	NS Romeo	30,64	28,13	21,05	20,08
	Prosek/Average	$29,96 \pm 0,72$	$28,07 \pm 1,73$	$21,18 \pm 1,20$	$19,35 \pm 1,93$
Konzumni Confectionary	NS-H-6791	16,15	16,64	3,46	6,37
	NS-H-6308	14,57	15,50	5,22	5,28
	NS-H-6489	15,43	15,75	4,93	5,57
	NS-H-6488	15,65	16,65	3,78	7,09
	Prosek/Average	$15,45 \pm 0,66$	$16,14 \pm 0,60$	$4,35 \pm 0,86$	$6,08 \pm 0,82$

Primenjena hijerarhijska klaster analiza pokazala je sličnost među uzorcima grupisanim u dva podklastera a (konzumni) i b (uljani hibridi suncokreta), što je prikazano na slici 4. Različitost među uljanim hibridima, izražena kao vrednost Euklidovih distanci, kretala se od 7,0 do 17,5, dok su se konzumni hibridi međusobno više razlikovali. Naime, vrednost Euklidovih distanci utvrđena kod ovih uzoraka kretala se u rasponu od 13,6 do 25,0. Najveća različitost utvrđena je među hibridima NS-H-6791 i NS Konstantin (Euklidova distanca je iznosila 91,9), zatim između hibrida NS-H-6791 i Pegaz (87,9) i između hibrida NS-H-6488 i NS Konstantin (87,0).



Slika 4. Hijerarhijska klaster analiza ispitanih hibrida suncokreta

Figure 4. Hierarchical cluster analysis of the examined sunflower hybrids

ZAKLJUČAK

Dobijene vrednosti iskorišćenja ulja i semena, kao i protoka semena i ulja kroz pužnu presu konzumnih hibrida suncokreta su značajno niže u odnosu na uljane, što je i očekivano, ako se uzmu u obzir karakteristike i sadržaj ulja u semenu. Međutim, dobijeni rezultati ukazuju da je proizvodnja hladno presovanog ulja iz konzumnih hibrida suncokreta moguća. Dobijeni rezultati ukazuju, i da konzumni hibridi suncokreta predstavljaju potencijalnu novu sirovinu u proizvodnji ulja, jer se na taj način pored ulja dobijaju i proteini, koji su zdravstveno bezbedni, ne sadrže tragove rastvarača, što je dodatna prednost izdvajanja ulja mehaničkim putem u odnosu na hemijsku ekstrakciju, proizvodnja nerafinisanog - hladno presovanog ulja i pogače kao sporednog produkta sa povećanim sadržajem proteina.

Zahvalnica

Istraživanje sporevedeno u okviru ovog rada je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru programa naučnoistraživačkog rada NIO (broj programa: 451-03-9/2021-14/200134).

LITERATURA

1. Aguirrezábal, L. A. N., Lavaud, Y., Dosio, G. A. A., Izquierdo, N. G., Andrade, F. H., González, L. M. (2003). Weight per seed and oil concentration in a sunflower hybrid are accounted for by intercepted solar radiation during a definite period of seed filling. *Crop Sci.*, 43: 152–161.
2. Beerens, P. (2007). Screw-pressing of *Jatropha seeds* for fuelling purposes in less developed countries. Eindhoven University of Technology Department of Sustainable Energy Technology Eindhoven, Netherlands, pp. 11-37.
3. Bhatnagar, A. S., Gopala Krishna, A. G. (2014). Lipid classes and subclasses of cold-pressed and solvent-extracted oils from commercial Indian Niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91: 1205–1216.
4. Çakaloğlu, B., Özyurt, V. H., Ötleş, S. (2018). Cold press in oil extraction. A review. *Ukr. J. Food Sci.*, 7: 640–654.
5. El Makawy, A. I., Ibrahim, F. M., Mabrouk, D. M., Ahmed, K. A., Fawzy Ramadan, M. (2019). Effect of antiepileptic drug (*Topiramate*) and cold pressed ginger oil on testicular genes expression, sexual hormones and histopathological alterations in mice. *Biomed. Pharmacother.*, 110: 409–419.
6. Elhassan, S. H. A. R. (2009). Mechanical Expression of Oil from Sesame (*Sesamum indicum* L.). Ph.D. Thesis, University of Khartoum, Khartoum, Sudan.
7. Evon, P., Vandenbossche, V., Pontalier, P. Y., Rigal, L. (2009). Aqueous extraction of residual oil from sunflower press cake using a twin-screw extruder: Feasibility study. *Ind. Crops Prod.*, 29: 455–465.
8. García-Rebollar, P., Cámara, L., Lázaro, R. P., Dapoza, C., Pérez-Maldonado, R., Mateos, G. G. (2016). Influence of the origin of the beans on the chemical composition and nutritive value of commercial soybean meals. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 221: 245–261.

9. González-Pérez, S., Vereijken, J. M. (2007). Sunflower proteins: Overview of their physicochemical, structural and functional properties. *J. Sci. Food Agric.*, 87: 2173-2191.
10. Izquierdo, N. G., Dosio, G. A. A., Cantarero, M., Luján, J., Aguirrezábal, L. A. N. (2008). Weight per grain, oil concentration, and solar radiation intercepted during grain filling in black hull and striped hull sunflower hybrids. *Crop Sci.*, 48: 688–699.
11. Karaj, S., Müller, J. (2011). Optimizing mechanical oil extraction of *Jatropha curcas* L. seeds with respect to press capacity, oil recovery and energy efficiency. *Ind. Crops Prod.*, 34: 1010–1016.
12. Kiralan, M., Çalik, G., Kiralan, S., Ramadan, M. F. (2018). Monitoring stability and volatile oxidation compounds of cold-pressed flax seed, grape seed and black cumin seed oils upon photo-oxidation. *J. Food Meas. Charact.*, 12: 616–621.
13. Kovačević, S., Lončarević, I., Pajin, B., Fišteš, A., Vasiljević, I., Lazović, M., Mrkačić, D., Karadžić Banjac, M., Podunavac-Kuzmanović, S. (2019). Toward identification of the risk group of food products: Chemometric assessment of heavy metals content in confectionery products. *Food Addit. Contam. Part A*, 36: 1068–1078.
14. Miller, J. N., Miller, J. C. (2010). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*, 6th ed. Harlow (UK): Pearson.
15. Nde, D. B., Foncha, A. C. (2020). Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. *Processes*, 8(2): 209, 1–21.
16. Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., Grajeta, H. (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91: 1291–1301.
17. Ramadan, M. F. (2013). Healthy blends of high linoleic sunflower oil with selected cold pressed oils: Functionality, stability and antioxidative characteristics. *Ind. Crops Prod.*, 43: 65–72.
18. Romanić, R. (2020). Cold pressed sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Cold Pressed Oils: Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications*, 1st Edition, Ramadan, M. F. (Ed.); Elsevier Inc., pp. 197-218.
19. Srpski standard SRPS EN ISO 659 (2011). *Seme uljarica - Određivanje sadržaja ulja (Referentna metoda)*, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd.
20. Teh, H. E. (2016). *Extraction and characterization of functional components from fruit and vegetable processing waste*. Ph.D. thesis, University of California, Davis.