

ISSN 1331-7768 (Print)
ISSN 1331-7776 (Online)
UDC 63



CROATIA

AGRICULTURAE
CONSPECTUS
SCIENTIFICUS
POLJOPRIVREDNA
ZNANSTVENA
SMOTRA

VOLUMEN 64 BROJ 2 1999

<http://www.agr.hr/smotra/>

Drayin Comparative Analysis of the Rape Seeds of "00" Variety Silvia and of "00" Varieties Diana, Karola, Semu 910201, Semu 93-10 and Lirajet

Tajana KRIČKA
Željko JUKIĆ
Neven VOĆA
Sandra MILETIĆ

SUMMARY

Rape seeds (*Brassica napus* var. *oleifera*) that are dried in a dryer come from different places. Such seeds with various moisture levels and of different varieties get mixed while they are entering the dryer and during the process of drying. Since rape seeds vary in their moisture and morphology structures they exhibit different reactions in the drying process. Also, the speed of letting the unnecessary water out reach a hygroscopic equilibrium is different for different varieties.

Variety Silvia has been lately explored with a great deal of attention due to its characteristics (such as high adaptability and a safe manufacture in different ecological conditions). This is "00" group of winter rape seeds which means that its oil does not contain eruca acids and consists of favourable fat acids; in addition to this, rape seed grits have only 25 $\mu\text{mol/g}$ of glucosinolate.

This paper deals with the speed of water evaporation from variety Silvia, as well as its physical properties (angle of repose, angle of friction, mass of 1000 seeds, test weight) in the period of three years. The time needed for drying five different varieties of rape seeds (Diana, Karola, Semu 910201, Semu 93-10 and Lirajet) was compared with the time necessary for variety Silvia.

The results show that under approximately equal conditions at the moisture levels of seeds the period of drying for variety Diana is the shortest, whereas it is the longest for varieties Semu 93-10. In order to compare different varieties we worked out exponential equations and polynomial regression equations with the minimum determination coefficient of 0,95.

At the average moisture level of 6,3 % the angle of repose was different, varying from 21,32° (Semu 91020) to 25,92° (Semu 93-10). The angle of friction also differed from 4,71° (Silvia) to 6,8° (Semu 93-10). The mass of 1000 seeds is reduced along with the reduction in seed moisture and on average it is 3,937 g at the moisture of 15,88 %, while at the moisture of 6,33% it is 3,49 g. The test weight somewhat increases with the reduction in seed moisture and is 66,83 kg at the average moisture of 15,88 % whereas at the moisture of 6,33 % it is 67,21 kg.

KEY WORDS

rape seed, variety, drying, physical properties

Department of Agricultural Technology, Storage and Transport
Faculty of Agriculture University of Zagreb
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

Received: May 27, 1999



Komparativna analiza sušenja sjemena uljane repice "00" kultivara Silvia i "00" kultivara Diana, Karola, Semu 910201, Semu 93-10 i Lirajet

Tajana KRIČKA

Željko JUKIĆ

Neven VOĆA

Sandra MILETIĆ

SAŽETAK

Sjeme uljane repice (*Brassica napus* var. *oleifera*) koje se suši u sušari, dopremljeno je sa raznih mjesta. Takove sjemenke različite vlažnosti i različitih kultivara mješaju se prilikom ulaska u sušaru i suše. Kako je sjeme različite vlažnosti i različite morfološke građe, tako se u procesu sušenja različito ponaša. Zbog tih je razlika brzina ispuštanja suvišne vode do hidroskopne ravnoteže za različite kultivare različita.

Posljednjih se godina zbog svojih karakteristika (velika adaptabilnost i sigurnost proizvodnje u različitim ekološkim uvjetima) polaže posebna pažnja prema kultivaru Silvia.

To je kultivar "00" ozime uljane repice kojoj je ulje bez eruca kiseline i povoljnog masnokiselinskog sastava, te sačma s izuzetno niskim i neškodljivim sadržajem glukozinolata - ispod 25 $\mu\text{mola/g}$ odmašćene sačme.

U ovom radu, praćena je brzina otpuštanja vode kultivara Silvia, njezine fizikalne karakteristike (kut prirodnog pokosa, kut trenja, masa 1000 zrna, hektolitarska masa) u razdoblju od 3 godine. Ujedno je uspoređivano vrijeme potrebno da bi se osušilo pet kultivara uljane repice (Diana, Karola, Semu 910201, Semu 93-10 i Lirajet) sa kultivarom Silvia.

Dobiveno je, da se, pri približno istim uvjetima sušenja kod podjednakih početnih vlažnosti sjemena, najkraće suši kultivar Diana, a najduže Semu 93-10.

Da bi se kultivari mogli međusobno usporediti izrađene su eksponencijalne jednadžbe i jednadžbe polinomne regresije sa koeficijentom determinacije od minimalno 0,95.

Kut prirodnog pokosa pri prosječnoj vlazi sjemena od 6,33% su različiti i kreću se od 21,32° (Semu 910201) do 25,92° (Semu 93-10). Kut trenja također je različit i to od 4,71° (Silvia) do 6,8° (Semu 93-10). Masa 1000 sjemenki smanjuje se sa smanjenjem vlage sjemena i prosječno pri vlazi od 15,88% iznosi 3,937g, a pri vlazi od 6,33% iznosi 3,49g. Hektolitarska masa nešto se povećava sa smanjenjem vlažnosti sjemenki i pri prosječnoj vlažnosti 15,88% iznosi 66,83 kg, a pri vlazi od 6,33% iznosi 67,21kg.

KLJUČNE RIJEČI

sjeme uljane repice, kultivari, sušenje, fizikalne osobine

Zavod za tehnologiju, skladištenje i transport
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Primljeno: 27. svibnja 1999.



UVOD

Uljana repica je kultura koja se zbog visokog sadržaja ulja (42-46%) i bjelančevina (preko 20%) svrstava među najznačajnije uljarice i u svijetu i u nas. (Frauen, 1997).

U usporedbi s ostalim uljaricama (sojom i suncokretom) pokazala se kao stabilnija kultura. Naime, stabilnost i kontinuitet prinosa uljane repice iz godine u godinu se održavao, što kod soje i suncokreta nije bio slučaj (Mustapić i sur., 1994).

Uljana repica je kultura koja je doživjela značajne genetske promjene. Oplemenjivanjem uljane repice stvoreni su novi kultivari i proširene mogućnosti njezine uporabe. Tijekom 70-tih godina stvoreni su novi kultivari i sa smanjenom količinom eruca kiseline (ispod 2%) i poželjnim odnosom ostalih masnih kiselina. Označeni su kao "0"- kultivari i u Hrvatskoj uvedeni i proizvodnju 1979. godine (Mustapić i sur., 1995). Daljnjim oplemenjivanjem i stvaranjem tzv. "00" – kultivara uljane repice, kojima je karakteristika visoki sadržaj ulja dobre kakvoće, smanjenim sadržajem glukozinulata (ispod 25 μ mol/g), te poboljšanom kakvoćom sačme kao stočne hrane, potvrđen je značaj uljane repice kao kulturne biljke.

Uljana repica, odnosno njezino ulje, koristi se u prehrani ljudi, služi kao nosač bjelančevina, odnosno energije u smjesama za ishranu stoke, služi kao sirovina u kemijskoj industriji i kao zamjena za naftu odnosno biodizel. Također, uljana repica ima veliko agrotehničko značenje i vrlo je važna u plodoredu. Posebna vrijednost uljane repice, kao predkulture, pokazuje se kroz visoki povratak hranjivih tvari tlu, visoku aktivnost mikroorganizama, uzak C/N odnos žetvenih ostataka, dobru strukturu tla i postizanje dobre strukture u dubljim slojevima tla (Lauten i Niepenberg, 1988).

Posljednih godina u svijetu sve se više proizvodi dizel gorivo iz uljarica poglavito iz uljane repice tzv. biodizel gorivo.

Biodizel je motorno gorivo, koje se dobiva iz repičinog ulja esterifikacijom s metanolom, a kod toga nastaje gorivo, koje ima svojstva potpuno usporediva s dizelom iz mineralnog ulja. Proces proizvodnje biodizela je od neposredne proizvodnje uljane repice, pa do benzinske pumpe. U tom procesu proizvodnje jedan segment je sušenje i skladištenje sjemena uljane repice.

CILJ ISTRAŽIVANJA

Proizvodnja biodizel goriva zahtjeva od poljoprivrede, proizvodnju "00" kultivara uljane repice. U kontinuiranom procesu proizvodnje toga goriva, proizvodenu uljanu repicu treba osušiti i uskladištiti. Poznata je činjenica da se različite partije sjemena, s različitom početnom vlagom, u procesu sušenja različito ponašaju. Sušenjem kultivara uljane repice različite vlažnosti, na izlazu iz sušare dobiva se sjeme neujednačene vlage, što kasnije može predstavljati problem tijekom skladištenja (Katić, 1997). Naime, prilikom punjenja silosnih ćelija nejednoliko osušenim sjemenom, udaranjem sjemenki

o stijenu ćelije dolazi do razdvajanja sušeg i vlažnijeg sjemena. U silosnoj ćeliji se tada na jednom mjestu nalaze vlažnije sjemenke, što može biti uzrokom kvarenja uskladištene mase (Katić, 1992).

Cilj ovog rada je :

- utvrditi postojanje razlike u brzini sušenja različitih "00" kultivara uljane repice
- utvrditi veličinu razlike u brzini sušenja različitih "00" kultivara uljane repice
- utvrditi masu 1000 sjemenki i hektolitarsku masu navedenih kultivara prije i poslije sušenja
- utvrditi sipkost kultivara prije i poslije sušenja zbog skladištenja
- dobivene rezultate statistički obraditi, te brzinu otpuštanja vode iz sjemena uljane repice prikazati matematički (pomoću exponencijalne odnosno polinomne jednadžbe)

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Utvrđivanje brzine sušenja uljane repice

Istraživanja su provedena u razdoblju od 3 godine na visokokvalitetnim "00" kultivarima uljane repice iz kojih je moguće dobiti ulje za biodizel gorivo i to kultivari Silvia, Karola, Diana, Semu 93-10, Semu 910201 i Lirajet, na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

Da bi se utvrdio utjecaj pojedinog kultivara na brzinu sušenja, obavljani su pokusi na laboratorijskoj sušnici neposredno postavljenoj na digitalnoj vagi, koji su planirani tako da ostvare simulaciju stvarnog procesa. Prije sušenja uzorcima je određena točna početna vlažnost klasičnom etalonskom metodom. Zadana temperatura zraka za sušenje zrna je 60°C, uz brzinu zraka na izlazu iz sušare od 0,6 do 0,9 m/s. Uzorci su sušeni u debelom stacionarnom sloju i svakih 5 minuta mjerena je masa sjemenki, temeljem čega je izračunat gubitak vlažnosti sjemenki. Na početku i na kraju sušenja mjerena je hektolitarska masa i masa 1000 sjemenki. Za vrijeme izvođenja pokusa praćena je temperatura i relativna vlažnost zraka okoline.

Mjerenja su izvedena u 10 ponavljanja za svaki kultivar i svaku godinu, temeljem kojih su izrađeni dijagrami sušenja i jednadžbe sušenja eksponencijalnim i polinomnim prikazom.

Utvrđivanje sipkosti

Sipkost svih navedenih kultivara utvrđena je pomoću kuta prirodnog pokosa i kuta trenja na početku klizanja, pri glavnini klizanja i klizanju ostatka sjemena uljane repice. Istraživanja su provedena prije i nakon sušenja kultivara uljane repice u 33 ponavljanja za svaki kultivar. Pri utvrđivanju kuta prirodnog pokosa korištena je sonda za određivanje prirodnog pokosa, a za određivanja kuta trenja uređaj s promjenjivom nagibnom plohom s metalnom površinom.

NAVODI LITERATURE

Otkrićem uljane repice i praktične uporabe njezinog ulja stvoreni su temelji za današnji uzgoj, oplemenjivanje i njezino korištenje. Tijekom 70-tih godina, oplemenjivanjem, dobiveni su tzv. "0"- kultivari sa smanjenim sadržajem nepoželjne eruca kiseline ispod 2% (Mustapić i sur., 1994). Daljnjim oplemenjivanjem i stvaranjem "00"- kultivara uljane repice, koje imaju karakteristiku visokog sadržaja ulja dobre kakvoće, te smanjeni sadržaj glukozinulata ispod 25mmol/g suhog sjemena (Mustapić i sur. 1995, Pospišil i sur., 1997) uljana repica dobila je naziv "biljka budućnosti" (Cramer, 1990). Količina ulja u sjemenki uljane repice, ovisno o godini, je od 42-46%, a količina bjelančevina preko 20% (Frauen, 1997). Nakon ekstrakcije ulja iz sjemena uljane repice, ostaje sačma kao vrijedan produkt za stočnu hranu. Sačmu "00"- kultivara (zbog niskog sadržaja eruca kiseline i glukozinulata) moguće je, zbog navedenog, dvostruko više dodavati u stočnu hranu (Cramer, 1990). Međutim, takvi kultivari zahtjevaju genetsku čistoću kultivara, jer već vrlo mala kontaminacija nepoželjnim peludom može u ekstrakciji izazvati lošiju kakvoću ulja i sačme (Kolpak, 1994).

Utemeljenjem postupka dobivanja biodizel goriva iz ulja uljane repice, interes za ovom kulturom još je više porastao (Cramer, 1990; Worgetter, 1991; Hanser, 1994; Plietić, Krička, 1996). Prema dosada dobivenim rezultatima sa 1ha uljane repice dobije se približno 1 tona biodizel goriva (Worgetter, 1991; BIOEN 1998; Krička i sur., 1999) koji se neposredno može koristiti u dizel motorima (Munack i sur. 1993).

Prekomjerna vlaga koju sjeme uljane repice sadrži poslije žetve, smanjuje mogućnost uspješnog skladištenja (Muir i sur., 1991; Ritz, 1997). Zato ga moramo osušiti. Temperature zraka za predsušenje, sušenje i početak sušenja konzumnog zrna uljane repice jesu: 50-55°C, za kontinuirano sušenje 75-85°C, uz temperaturu sjemenki od 40-45°C (Katić, 1992; Ujević, 1992). Sjemenka uljane repice otpušta vlagu lakše i brže nego žitarice, stoga sušenje na konačni sadržaj vlage od 8-9% nije problematično (Cramer, 1990; Katić, 1997). Istraživanja sušenja uljane repice u ovisnosti o vlažnosti sjemena ukazala su na problem smanjenja peroksidnog broja i

udjela slobodnih masnih kiselina u ulju, dok količina fosfolipida raste (Štrucelj i sur., 1988; Lauten i Niepenberg, 1988). Višegodišnjim istraživanjima utvrđeno je, da se proces sušenja može prikazati pomoću matematičkog modeliranja i to pomoću exponencijalnih, logaritamskih ili pak polinomnih jednadžbi, bez obzira o kojoj se kulturi radi, a usporedbu dobivenih polinomnih jednadžbi odnosno međusobni odnos nagiba pomoću derivacija dw/dt (Martins i Strohline, 1987; Katić i sur., 1988; Krička, 1994; Plietić, 1995; Krička i sur., 1998)⁽¹⁾.

Punjenje i pražnjenje silosa, skladišta i sušara, radi najčešće na principu djelovanja gravitacijske sile. Oblik istjecanja ovisi: o vrijednosti trenja materijala o stijenu, o kutu nagiba lijevka te o kutu prirodnog pokosa. Standardnih metodika za određivanje sipkosti još nema. Obično se sipkost izračunava pomoću kuta prirodnog pokosa i kuta trenja (Saucer i sur., 1992; Katić, 1997; Ritz, 1997). Kut trenja definiran je kao početak klizanja materijala na nekoj površini koja se giba (Tic, 1967; Sauer i sur., 1992). Međutim, zbog velikih razlika koje se javljaju prilikom istjecanja početka materijala do istjecanja glavine materijala, kao i ostatka, posljednjih godina sve se više ispituju te razlike i utvrđena je razlika čak do 150% (Krička i sur. 1998⁽²⁾). Također je utvrđeno da je masa 1000 zrna "00"- kultivara uljane repice smanjena za 20-25% od starijih sorata, baš zbog smanjenog sadržaja eruca kiseline i glukozinulata (Ujević, 1992; Krička, Šarić, 1995; Pospišil i sur., 1997).

Takova interdisciplinarna istraživanja dovela su u Republici Hrvatskoj do izrade nacionalnog energetskeg programa BIOEN (1998), koji predviđa da će se do 2010. godine, proizvodnja uljarica povećati za 70% u odnosu na 1995. godinu, kada je proizvodnja iznosila 162.995 tona.

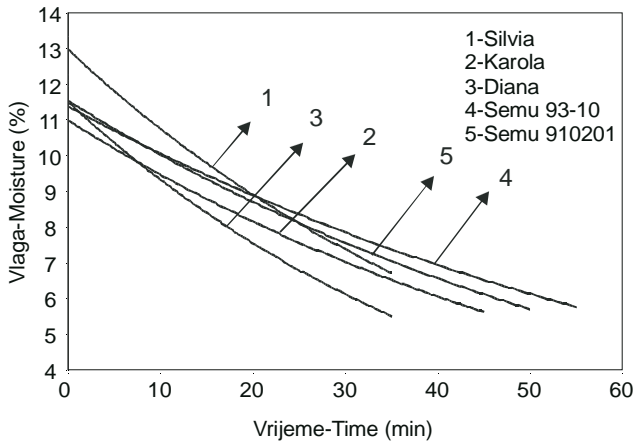
REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja sušenja sjemena uljane repice

Prilikom istraživanja brzine sušenja sjemena uljane repice, obavljena su mjerenja temperature (τ_0), i relativne vlage zraka okoline (φ_0), te temperature zraka na ulazu u sušaru (t_1) i brzine zraka na izlazu iz sušare (v_2) u tri godine. Dobivene vrijednosti su srednje

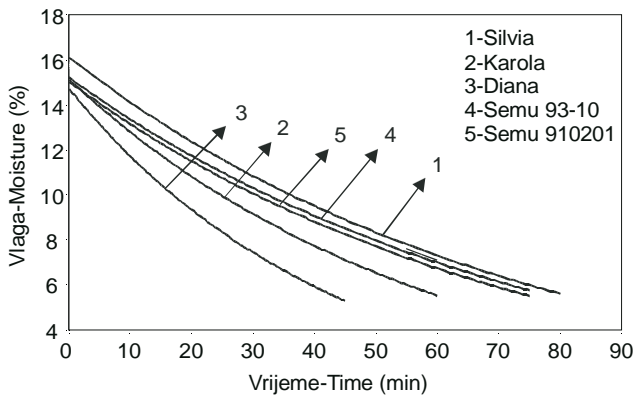
Tablica 1. Srednje vrijednosti temperature i relativne vlage zraka okoline, te temperature i brzine zraka za sušenje.
Table 1. Average of temperature and rel. humidity of atmosphere with drying velocity and air drying temperature

Kultivar	1. godina – 1st year				2. godina – 2nd year				3. godina – 3rd year			
	t_0	φ_0	t_1	v_2	t_0	φ_0	t_1	v_2	t_0	φ_0	t_1	v_2
Cultivar	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)	(°C)	(%)	(°C)	(m/s)
Silvia	23,2	42	61,7	0,63	21,7	40,5	62,5	0,69	23,4	62	59,7	0,80
Karola	23,3	45	60,3	0,68	22,3	48,6	61,0	0,74	22,6	42	60,3	0,85
Diana	21,1	35	62,3	0,68	21,6	37,5	59,9	0,75	22,0	40	61,7	0,75
Semu 93-10	20,7	45	61,9	0,63	19,6	53,4	63,1	0,72	19,0	56	60,2	0,70
Semu 910201	21,0	42	59,8	0,60	20,7	44,8	60,8	0,63	21,5	50	61,9	0,65
Lirajet	-	-	-	-	-	-	-	-	22,7	63	60,2	0,78
x	21,9	41,8	61,2	0,64	21,2	44,9	61,5	0,71	21,9	52	60,7	0,76



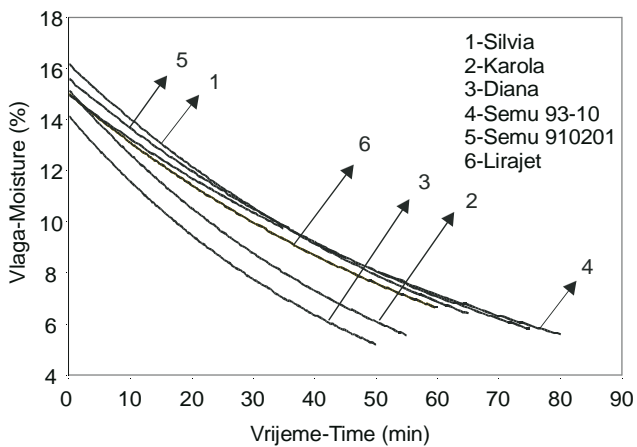
Dijagram 1. Krivulje brzine otpuštanja vode iz sjemena uljane repice u prvoj godini

Diagram 1. Speed of water evaporation curve of rape seed in the first year of investigation



Dijagram 2. Krivulje brzine otpuštanja vode iz sjemena uljane repice u drugoj godini

Diagram 2. Speed of water evaporation curve of rape seed in the second year of investigation



Dijagram 3. Krivulje brzine otpuštanja vode iz sjemena uljane repice u trećoj godini

Diagram 3. Speed of water evaporation curve of rape seed in the third year of investigation

Tablica 2: Jednadžbe sušenja sjemena uljane repice u trogodišnjem razdoblju
Table 2: Drying velocity equations for rape seed in the period of three years

Kultivar-Cultivar	1. godina – 1st year	R ²	2. godina – 2th year	R ²	3. godina – 3rd year	R ²
SILVIA	Exp. $w_1 = 12,97e^{-0,0188t}$	0,9806	$w_2 = 16,22e^{-0,0132t}$	0,9939	$w_3 = 16,19e^{-0,0143t}$	0,9819
	Pol. $w_1 = 0,0023t^2 - 0,2595t + 13,09$	0,9787	$w_2 = 0,0011t^2 - 0,217t + 16,337$	0,9987	$w_3 = 0,002t^2 - 0,2867t + 16,949$	0,9952
KAROLA	Exp. $w_1 = 10,982e^{-0,0149t}$	0,9703	$w_2 = 15,155e^{-0,0168t}$	0,9906	$w_3 = 15,166e^{-0,0183t}$	0,9911
	Pol. $w_1 = 0,025t^2 - 0,2368t + 11,571$	0,9872	$w_2 = 0,0022t^2 - 0,2943t + 15,707$	0,9900	$w_3 = 0,0022t^2 - 0,2991t + 15,513$	0,9935
DIANA	Exp. $w_1 = 11,502e^{-0,021t}$	0,9747	$w_2 = 14,744e^{-0,0228t}$	0,9709	$w_3 = 14,147e^{-0,02t}$	0,9505
	Pol. $w_1 = 0,046t^2 - 0,336t + 12,092$	0,9991	$w_2 = 0,005t^2 - 0,45t + 15,797$	0,9978	$w_3 = 0,0048t^2 - 0,4314t + 15,61$	0,9946
SEMU 93-10	Exp. $w_1 = 11,374e^{-0,0124t}$	0,9852	$w_2 = 15,225e^{-0,013t}$	0,9907	$w_3 = 14,985e^{-0,0123t}$	0,9881
	Pol. $w_1 = 0,0014t^2 - 0,1827t + 11,803$	0,9939	$w_2 = 0,0014t^2 - 0,2342t + 15,835$	0,9987	$w_3 = 0,0013t^2 - 0,2239t + 15,673$	0,9986
SEMU 910201	Exp. $w_1 = 11,535e^{-0,0141t}$	0,9847	$w_2 = 15,046e^{-0,0134t}$	0,9825	$w_3 = 15,598e^{-0,0132t}$	0,9907
	Pol. $w_1 = 0,0019t^2 - 0,2125t + 11,997$	0,9940	$w_2 = 0,0016t^2 - 0,2486t + 15,814$	0,9990	$w_3 = 0,0014t^2 - 0,2378t + 16,16$	0,9962
LIRAJET	Exp. -	-	-	-	$w_3 = 15,022e^{-0,0137t}$	0,9900
	Pol. -	-	-	-	$w_3 = 0,0017t^2 - 0,2417t + 15,476$	0,9983

vrijednosti 100 mjerenja u razdoblju ispitivanja. U tabl. 1 prikazane su dobivene vrijednosti za sve tri godine istraživanja.

Kao što je vidljivo u sve tri godine svih pet (odnosno šest) kultivara uljane repice ispitivano je pod jednakim uvjetima zraka okoline, s približno istim temperaturama i brzinom zraka.

Provedena istraživanja brzine sušenja sjemena uljane repice prikazane su temeljem predložene metodike, matematički pomoću exponencijalnih i polinomnih jednadžbi u tablici 2, a grafički pomoću dijagrama 1, 2, 3.

Rezultati istraživanja sipkosti, hektolitarske mase i mase 1000 sjemenki uljane repice

Prema definiciji, sipkost se određuje pomoću kuta trenja i kuta prirodnog pokosa (Katić, 1997, Ritz, 1997). Međutim, autori kut trenja definiraju kao početak klizanja materijala po nagibnoj površini. U ovom radu osim temeljne definicije kut trenja pratio se i prilikom pokretanja glavnine, te samog ostatka sjemena uljane repice. Glavni razlog tome je problem začepijavanja transportnih linija. U tablici 3a i 3b prikazane su

prosječne srednje vrijednosti u razdoblju od 3 godine kuta prirodnog pokosa, kuta trenja (početka, glavnine i kraja gibanja sjemena), hektolitarske mase, te mase 1000 sjemenki, prije i poslije sušenja.

RASPRAVA

Rasprava rezultata o brzini sušenja uljane repice "00"- kultivara

Ispitivanje kultivara uljane repice obavljeno je približno jednakim zadanim uvjetima (temperatura zraka na ulazu u sušaru i brzina zraka na izlazu iz sušare), kao i u približno jednakim uvjetima parametara okoline.

Uspoređujući vrijeme koje je bilo potrebno, da bi se uz približno iste parametre stanja okoline zrno ispitivanih kultivara uljane repice Silvia u odnosu na kultivare Karola, Diana, Semu 93-10, Semu 910201 i Lirajet, uočava se:

Prva godina

Prilikom ispitivanja sjemena "00"- kultivara uljane repice, srednja vrijednost početne vlažnosti iznosila je 12,36%, a konačna vlažnost 6,28%. Kod toga se kultivar Silvia sušio 35 minuta, Karola 40 minuta, a Diana 30

Tablica 3a. Srednje vrijednosti trogodišnjih mjerenja kuta prirodnog pokosa, kuta trenja, hektolitarske mase i mase 1000 sjemenki uljane repice prije sušenja

Table 3a. Average of physical properties (angle of repose, angle of friction, mass of 1000 seeds and test weight) for different "00" cultivars before drying

Kultivar Cultivar	w_1 (%)	Kut pokosa Angle of repose (°)	Kut trenja (°) Angle of friction (°)			Hektolitarska masa Test weight (kg)	Masa 1000 sjemenki Mass of 1000 seeds (g)	
			Početak Beginning	Glavnina The greater part	Kraj End		/M	/S.T.-/D.M.
Silvia	16,56	24,35	5,76	12,75	17,18	65,31	3,94	3,29
Karola	15,88	26,24	6,53	17,08	28,67	68,39	3,47	2,92
Diana	15,95	26,55	6,12	16,50	27,33	66,66	3,66	3,08
Semu 93-10	15,66	27,71	6,43	17,57	27,85	67,80	3,56	3,00
Semu 910201	16,02	27,13	6,13	16,42	27,97	66,31	3,49	2,93
Lirajet	15,20	26,55	6,90	18,71	24,94	66,49	5,50	4,66

Tablica 3b. Srednje vrijednosti trogodišnjih mjerenja kuta prirodnog pokosa, kuta trenja, hektolitarske mase i mase 1000 sjemenki uljane repice poslije sušenja

Table 3b. Average of physical properties (angle of repose, angle of friction, mass of 1000 seeds and test weight) for different "00" cultivars after drying

Kultivar Cultivar	w_2 (%)	Kut pokosa Angle of repose (°)	Kut trenja (°) Angle of friction (°)			Hektolitarska masa Test weight (kg)	Masa 1000 sjemenki Mass of 1000 seeds (g)	
			Početak Beginning	Glavnina The greater part	Kraj End		/M	/S.T.-/D.M.
Silvia	6,03	21,32	4,71	9,74	18,04	66,98	3,25	3,05
Karola	6,20	25,63	4,87	12,89	17,77	68,43	3,09	2,89
Diana	6,00	25,67	5,00	11,60	23,40	67,16	3,36	3,15
Semu 93-10	6,90	25,92	6,80	12,42	24,52	68,51	3,32	3,09
Semu 910201	6,85	25,91	4,60	10,69	22,92	66,75	3,17	2,95
Lirajet	6,02	24,50	6,48	12,39	17,25	67,42	4,80	4,51

Tablica 4. Derivacije jednadžbi srednjih vrijednosti sušenja ispitivanih "00"- kultivara u prvoj godini istraživanja

Table 4. Derivation of equations for average valuation of drying in the first year of investigation

Kultivar	Derivacija jednadžbe sušenja
Cultivar	Derivation of equations of drying
Silvia	$dw/d\tau=0,0046\tau-0,2595$
Karola	$dw/d\tau=0,05\tau-0,2368$
Diana	$dw/d\tau=0,092\tau-0,336$
Semu 93-10	$dw/d\tau=0,0028\tau-0,1827$
Semu 910201	$dw/d\tau=0,0038\tau-0,2125$

Tablica 5. Derivacije jednadžbi srednjih vrijednosti sušenja ispitivanih "00"- kultivara u drugoj godini istraživanja

Table 5. Derivation of equations for average valuation of drying in the second year of investigation

Kultivar	Derivacija jednadžbe sušenja
Cultivar	Derivation of equations of drying
Silvia	$dw/d\tau=0,0046\tau-0,2595$
Karola	$dw/d\tau=0,05\tau-0,2368$
Diana	$dw/d\tau=0,092\tau-0,336$
Semu 93-10	$dw/d\tau=0,0028\tau-0,1827$
Semu 910201	$dw/d\tau=0,0038\tau-0,2125$

Tablica 6. Derivacije jednadžbi srednjih vrijednosti sušenja ispitivanih "00"- kultivara u trećoj godini istraživanja

Table 6. Derivation of equations for average valuation of drying in the third year of investigation

Kultivar	Derivacija jednadžbe sušenja
Culture	Derivation of equations of drying
Silvia	$dw/d\tau=0,004\tau-0,2867$
Karola	$dw/d\tau=0,0044\tau-0,2991$
Diana	$dw/d\tau=0,0096\tau-0,4314$
Semu 93-10	$dw/d\tau=0,0026\tau-0,2239$
Semu 910201	$dw/d\tau=0,0028\tau-0,2378$
Lirajet	$dw/d\tau=0,0034\tau-0,2417$

minuta. Semu 93-10 sušio se 50 minuta, a za Semu 910201 sušenje je trajalo 45 minuta.

Ako se uspoređi vrijeme sušenja ispitivanih kultivara s vremenom sušenja kultivara "Silvia" postotno proizlazi:

- kultivaru Karola trebalo je 14,3% više vremena od kultivara Silvia
- kultivaru Diana trebalo je 14,3% manje vremena od kultivara Silvia
- kultivaru Semu 93-10 trebalo je 42,9% više vremena od kultivara Silvia
- kultivaru Semu 910201 trebalo je 28,6% više vremena od kultivara Silvia

Da bi se mogla matematički usporediti brzina sušenja ispitivanih kultivara korišteno je matematičko modeliranje koje su koristili i drugi autori (Martins i Stroshine, 1987, Katić i sur., 1988, Krička, 1994, Plietić, 1995).

Analizirajući općenito jednadžbe sušenja uočava se, da koeficijent u t varijabli ima negativan predznak, što znači da krivulja pada tj. pokazuje tendenciju brzine sušenja. Što koeficijent ima veću apsolutnu vrijednost, sušenje je brže. Promatrajući krivulje sušenja ispitivanih kultivara vidi se da one nemaju istu brzinu ispuštanja vode. Da bi se usporedili nagibi krivulja koriste se derivacije jednadžbi srednjih vrijednosti ispitivanih kultivara (Plietić, 1995). Derivacije jednadžbi srednjih vrijednosti sušenja ispitivanih kultivara prikazane su u tablici 4.

Koeficijent koji pokazuje promjenu vlage u jedinici vremena je koeficijent uz varijablu τ i što je on veći, krivulje je strmija. Proizlazi da je koeficijent najveći kod kultivara Diana (0,092), a najmanji kod kultivara Semu 93-10 (0,0028).

Druga godina

U drugoj godini istraživanja prosječna srednja vlažnost kultivara zrna uljane repice prije sušenja iznosila je 15,83%, a nakon sušenja 6,15%. Kod toga se kultivar Silvia sušio u prosjeku 75 minuta, a Karola 55 minuta, Diana 40 minuta, Semu 93-10 se sušio 75 minuta, a za Semu 910201 trajalo je sušenje 70 minuta.

Uspoređivši vrijeme sušenja ispitivanih kultivara s vremenom sušenja kultivara "Silvia" postotno proizlazi:

- kultivaru Karola trebalo je 26,7% manje vremena od kultivara Silvia
- kultivaru Diana trebalo je 46,7% manje vremena od kultivara Silvia
- kultivaru Semu 93-10 trebalo je jednako vremena kao i kultivaru Silvia
- kultivaru Semu 910201 trebalo je 6,7% manje vremena od kultivara Silvia

Temeljem dobivenih jednadžbi sušenja, da bi se usporedila tendencija brzine sušenja ispitivanih kultivara uljane repice za drugu godinu istraživanja, u tablici 5 prikazane su derivacije srednjih vrijednosti sušenja.

Proizlazi da je koeficijent promjene vlage u jedinici vremena τ najveći kod kultivara Diana (0,01), a najmanji kod kultivara Silvia (0,0022).

Treća godina

U trećoj godini istraživanja, prosječna srednja vrijednost vlažnosti sjemena uljane repice prije sušenja iznosila je 15,89%, a nakon sušenja 6,70%. Kod toga je prosječno vrijeme sušenja kultivara Silvia trajalo 65 minuta. Za kultivar Karola vrijeme sušenja do navedene vlažnosti iznosilo je 45 minuta, a za Dianu 35 minuta. Za Semu 93-10 kao i za Semu 910201 vrijeme sušenja bilo je 65 minuta, a za Lirajet 60 minuta.

Ako se dobivena vremena sušenja ispitivanih kultivara međusobno postotno usporede s vremenom sušenja kultivara Silvia dobije se:

- kultivar Karola sušio se 30,77% kraće od kultivara Silvia
- kultivar Diana sušio se 46,15% kraće od kultivara Silvia
- kultivar Semu 93-10 sušio se jednako kao i kultivar Silvia
- kultivar Semu 910201 sušio se jednako kao i kultivar Silvia
- kultivar Lirajet sušio se 7,69% kraće od kultivara Silvia

Iz dobivenih jednadžbi za treću godinu sušenja uljane repice u tablici 6 prikazane su derivacije istih.

Kao što je vidljivo koeficijent promjene vlage u jedinici vremena τ najveći je kod kultivara Diana (0,0096), a najmanji kod kultivara Semu 93-10 (0,0026).

Iz trogodišnjih istraživanja usporedbe sušenja "00"-kultivara Silvia u odnosu na "00"-kultivare Karola, Diana, Semu 93-10, Semu 910201 i Lirajet, utvrdilo se, da se kultivar Diana kroz sve tri godine najbrže sušio, dok se u istom razdoblju najduže sušio Semu 93-10. Kultivar Silvia pokazao je najveću nestabilnost. U prvoj godini istraživanja, pri početnim nižim vlagama, osušio se do konačne vlage približno jednako brzo kao i kultivar Diana, međutim u drugoj i trećoj godini, ponašao se jednako kao i kultivar Semu 93-10, odnosno od svih ispitivanih kultivara vlagu je ispuštao najduže.

Rasprava rezultata sipkosti, hektolitarske mase i mase 1000 sjemenki uljane repice

Uspoređujući kuteve prirodnog pokosa ispitivanih kultivara (bez obzira na vlagu) vidljivo je da su oni različiti. Pri prosječnoj vlažnosti od 15,88% najmanji kut trenja ima kultivar Silvia (24,35°), najveći Semu 93-10 (27,71°), što daje razliku od 3,36°. Nakon sušenja, pri prosječnoj vlazi 6,03% najmanji kut trenja ima također kultivar Silvia (21,32°), a najveći opet Semu 93-10 (25,92°), a razlika iznosi 4,60°, što odgovara i literaturnim navodima (Krička, Šarić, 1995; Krička i sur., 1998⁽¹⁾). Pri mjerenju kuta trenja uočena je razlika između kuta trenja početka, glavnine i kraja istjecanja zrna uzoraka, kao što u svojim navodima zaključuju navedeni autori. Također je uočena razlika između ispitivanih kultivara u pojedinim segmentima kuta trenja. Kod kuta trenja najveća razlika među kultivarima uočena je između početka i zadnjeg segmenta mjerenja i ona pri povišenoj vlazi od 15,88% iznosi oko 22°. Kod osušenog sjemena od 6,33% vlage razlika kuta iznosi oko 17°. Proizlazi da se tome problemu (naročito kod vlažnijeg materijala) treba obratiti posebna pažnja, jer se danas konstrukcije lijevaka silosa, kao i položaja izuzimaca na sušarama podešava temeljem postojeće definicije.

Ispitivanjem hektolitarske mase vidljivo je povećanje hektolitarske mase smanjenjem vlage zrna i to kod svih

kultivara. Kod vlažnosti zrna od 15,88% najveću hektolitarsku masu ima kultivar Karola i to 68,39kg, a najmanju 65,31kg kultivar Silvia. Pri vlazi od 6,33% najveću približno jednaku hektolitarsku masu imaju Semu 93-10 (68,51kg) i Karola (68,43kg), a najmanju opet Silvia (66,98kg).

ZAKLJUČAK

Na osnovi vlastitih trogodišnjih sušenja "00"-kultivara uljane repice (Silvia, Karola, Diana, Semu 93-10, Semu 910201 i Lirajet) može se zaključiti:

1. Pri približno istim uvjetima sušenja kod podjednakih početnih vlažnosti sjemena nakon procesa sušenja utvrđeno je:
 - u prvoj godini najbrže se osušio kultivar Diana, a najduže kultivar Semu 93-10
 - u drugoj godini najbrže se osušio kultivar Diana, a najduže kultivari Silvia i Semu 93-10
 - u trećoj godini najbrže se osušio kultivar Diana, a najduže kultivar Semu 93-10
- Proizlazi da se u trogodišnjem razdoblju istraživanja najkraće sušio "00"-kultivar Diana, a najduže "00"-kultivar Semu 93-10.
2. Kutovi prirodnog pokosa ispitivanih kultivara pri prosječnoj vlazi sjemena 15,88% su različiti. Srednja vrijednost kuta prirodnog pokosa pri navedenoj vlazi iznosi 26,42°, a razlika između kultivara s najvećim (Semu 93-10) i najmanjim (Silvia) kutem iznosi 3,36°.
3. Pri prosječnoj vlazi 6,33% kutovi prirodnog pokosa ispitivanih kultivara također su različiti. Kod toga srednja vrijednost kuta iznosi 24,82°, a razlika između kultivara s najvećim (Semu 93-10) i najmanjim (Silvia) kutem iznosi 4,60°.
4. Kutovi trenja ispitivanih kultivara, bez obzira na vlagu, različiti su, u sva tri segmenta mjerenja. Pri vlažnosti 15,88% na početku klizanja materijala srednja vrijednost kuta trenja za ispitivane kultivare iznosila je 6,31°, a razlika između kultivara s najvećim (Lirajet) i najmanjim (Silvia) kutem iznosi 1,14°. Kod glavnine istjecanja materijala srednja vrijednost kuta trenja iznosi 16,51°, ali razlika između kultivara Lirajet i Silvia iznosi 5,96°. Na kraju srednja vrijednost kuta trenja za ispitivane kultivare iznosi 27,32°, razlika između kultivara s najvećim (Karola) i najmanjim (Lirajet) kutom iznosi 3,73°.
5. Srednja vrijednost kuta trenja ispitivanih kultivara pri vlažnosti 15,88% na početku klizanja materijala iznosio je 5,41°, a razlika između najvećeg kuta (Semu 93-10) i najmanjeg (Semu 910201) iznosi 2,2°. Kod glavnine istjecanja materijala srednja vrijednost kuta trenja iznosi 11,62°, razlika između najvećeg (Karola) i najmanjeg kuta (Silvia) iznosi 3,15°. Srednja vrijednost kuta trenja ostatka materijala iznosi 20,65°, razlika između kultivara s najvećim (Semu 93-10) i najmanjim kutem (Lirajet) iznosi čak 7,27°.

6. Hektolitarska masa povećava se smanjenjem vlage zrna. Srednja vrijednost hektolitarske mase ispitivanih kultivara pri vlazi zrna od 15,88% iznosi 66,83kg, a pri vlazi od 6,33% iznosi 67,54kg. Kod toga pri povišenoj vlazi najveću hektolitarsku masu ima kultivar Karola (68,39kg), a najmanju Silvia (65,31kg). Nakon sušenja najveću masu imao je Semu 93-10 (68,51kg), a najmanju Semu 910201 (66,75kg).
7. Masa 1000 sjemenki smanjuje se smanjenjem vlage sjemena. Srednja vrijednost mase 1000 sjemenki za ispitivane kultivare pri prosječnoj vlazi 15,88% iznosi 3,94g. Kod toga najveću masu imao je kultivar Lirajet (5,50g), a najmanju Karola (3,47g). Nakon sušenja, pri prosječnoj vlazi 6,33% srednja vrijednost mase 1000 sjemenki iznosila je 3,50g. Kod toga najveću masu imao je kultivar Lirajet (4,8g), a najmanju Karola (3,09g).

LITERATURA

- Cramer, N. (1990): Raps, Anbau und Verwertung, Ulmer, Stuttgart
- Frauen, M. (1997): Optimierung der Versuchstechnik bei Winterraps, Bonn
- Hanser, A. (1994): Biodiesel – produktion in Oesterreich, X Međunarodno Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice
- Katić, Z.; Krička, Tajana; Kerep, Nadica; Plietić, S. (1988): Korekcionni faktor kapaciteta sušare kada je vlaga suhog zraka različita od 14%, IV Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice
- Katić, Z. (1992): Sušenje i sušare u poljoprivredi, skripta 1, Agronomski fakultet, Zagreb
- Katić, Z. (1997): Sušenje i sušare u poljoprivredi, knjiga, Multigraf d.o.o., Zagreb
- Kolak, I. (1994): Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura, Školska knjiga, Zagreb
- Krička, Tajana; Šarić, Z. (1995): Utjecaj sušenja na kut prirodnog pokosa i kut trenja sorte Silvia, XI Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice
- Krička, Tajana (1994): Utjecaj perforiranja perikarpa pšena kukuruza na brzinu sušenja konvekcijom, Poljoprivredna znanstvena smotra Vol. 59-1
- Krička, Tajana; Plietić, S.; Dobričević, Nadica (1998) ⁽¹⁾: The Influence of Increase Moisture on the Velocity of Drying, Dynamic Properties and Fluidization of Sunflower Seed, Agricultural Conspectus Scientificus, Vol. 6313, Zagreb
- Krička, Tajana; Plietić, S.; Jakopović, Elizabeta; Pretprotnik, Sonja (1998) ⁽²⁾: The Influence of Wheat and Maize kernels, Soybeans and Rapeseed, Krmiva 40, časopis, Zagreb
- Krička, Tajana; Domac, J.; Jukić, Ž. (1999): Odrednice proizvodnje biodizel goriva u Hrvatskoj, Časopis Nafta
- Lauten, H.; Niepenberg, K.A. (1988): Annerungen fuer Produktion und Absatz – Raps eine Pflanze mit Zukunft, Heft 24, Bonn
- Martins, J.H.; Strohshine, R.L. (1987): Difference in drying Efficiencies Among corn hibrids dried in a high - temperature column batch dryer, ASAE Paper No. 87-6559, St. Joseph, MI 49085
- Miur, W. E.; Sinha, R.N.; Zhang, Q.; Turna, D. (1991): Wear – ambient drying of Canola. Translations of ASAE, Vol. 34 (5)
- Munack, A.; Krahl, J.; Vellguht, G. (1993): RME – Einsatz in Traktoren, Landtechnik, Nr. 8/9
- Mustapić, Z.; Pospišil, M.; Kunsten, B. (1994): Mogućnost korištenja sačme uljane repice novih "00" kultivara u hradbi stoke, Poljoprivredne aktualnosti, Vol. 30, br. 3-4
- Mustapić, Z.; Pospišil, M. (1995): Kakvoća ulja i sačme novih "00" kultivara uljane repice, XI Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice
- Plietić, S. (1995): Zavisnost početka fluidizacije kukuruznog zrna i brzini zraka tijekom procesa sušenja, doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb
- Plietić, S.; Krička Tajana (1996): Uljana repica u energetsko – proizvodnom krugu, 5. forum, Očekivanja u potrošnji energije do 2020 godine, Zbornik radova, Zagreb
- Pospišil, M.; Mustapić, Z.; Sever, K. (1997): Prinos i kakvoća novih 00 - kultivara uljane repice, Sjemenarstvo 14 (97) 3-4, Zagreb
- Ritz, J. (1997): Uskladištenje ratarskih proizvoda, PBI d.o.o., udžbenik, Zagreb
- Sauer, D.B. and all (1992): Storage of Cereal Grains and their Products, Kansas State University, Manhattan, USA
- Štrucelj, Dubravka; Rade, Desanka; Mokrovčak, Ž.; Ubrekić, Lj. (1988): The Effect of Rapeseed Moisture and Drying Conditions on the Quality of Crude Oil, Prehrambeno i biotehnička revija, Vol. 26 (1-2), Zagreb
- Tit, Z.L. (1967): Mašini dlja posljenboročnoj obrabotki sjemjan, Mašinstrojenje, Moskva
- Ujević, A. (1992): Tehnologija dorade i čuvanje sjemena, Fakultet poljoprivrednih znanosti, udžbenik, Zagreb
- Worgetter, M. (1991): Pilotprojekt Biodiesel, Forschungsberichte der Bundesanstalt fuer Landtechnik, Wieselburg, Heft Nr.25
- BIOEN (1998): Program korištenja biomase i otpada – nacionalni energetski program, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb