

# Analiza uticaja uslova skladištenja na očuvanje kvaliteta zrna soje i sprečavanje procesa samozagrevanja i pojave požara

Verica J. Milanko<sup>1</sup>, Dušan G. Gavanski<sup>1</sup>, Mirjana Đ. Laban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

## Izvod

Za bezbedno skladištenje vlažnog zrna soje potrebno je primeniti odgovarajuće uslove skladištenja. Eksperimentalno istraživanje, koje je analizirano u ovom radu, zasnovano je na skladištenju zrna soje u poluindustrijskim silosnom ćelijama od čelika u atmosferi ugljen-dioksida i hermetički zatvorenoj ćeliji. Cilj je očuvanje kvaliteta vlažnog zrna soje i sprečavanje mogućnosti pojave procesa samozagrevanja i samopaljenja, kao i pojave požara. U radu su prikazane promene svojstva kvaliteta zrna i ulja tokom vremenskog perioda od 216 dana. Kako tokom skladištenja nije došlo do razvoja procesa koji bi doveli do spontanog zagrevanje mase zrna, preporučuje se uvođenje u domaću praksu ovog načina čuvanja uljarskih sirovina.

**Ključne reči:** soja, skladištenje, ugljen-dioksid, hermetizovane ćelije, samozagrevanje.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

Soja je važna industrijska sirovina za dobijanje ulja, a kako sadrži i visoko vredne proteine, ugljene hidrate, mineralne materije i vitamine, njenom preradom dobijaju se proizvodi koji su bogat izvor ovih sastojaka. Osim velikog značaja u prehrambenoj industriji i ishrani, ova kultura se sve više upotrebljava i za proizvodnju bioobnovljivog goriva, što doprinosi očuvanju životne sredine.

U tehnološkom procesu proizvodnje soja se posle žetve skladišti kraći ili duži vremenski period. Kako je u toku skladištenja bitno očuvanje kvaliteta zrna do dalje prerade, ovome je neophodno posvetiti posebnu pažnju. Oblici i tipovi skladišta mogu biti različiti, a zavise od namene skladišta, vrste i količine sirovina, dužine čuvanja, cene koštanja izgradnje i održavanja, dužine eksploatacije [1–3]. Izuzev adekvatnih funkcionalnih i konstrukcionih karakteristika, usled specifičnih uslova eksploatacije, potrebno je posvetiti pažnju očuvanju performansi skladišta i trajnosti samih objekata. Eksploatacioni vek objekta je u direktnoj zavisnosti od zaštite konstrukcije usled uticaja agresivne sredine koju mogu proizvesti i same uskladištene materije, od neregularnog punjenja skladišta i odgovarajućeg održavanja objekta [4,5]. Kod nas su, uglavnom, u upotrebi silosi od armiranog betona, a ređe čelični silosi.

Na bezbedno skladištenje uljanih kultura, veliki uticaj imaju temperatura unutar mase zrna, vlažnost zrna i vreme čuvanja. Sa povećanjem vlažnosti i temperature uskladištenog zrna, dolazi do ubrzanja nepoželjnih fizičkih,

hemijskih i biohemijskih procesa. Favorizuju se procesi disanja, enzimski procesi i ubrzo razmnožavanje mikroorganizama [6–10]. Toplota koja se oslobađa u ovim procesima povišava temperaturu zrne mase i ubrzo pojavu samozagrevanja što negativno utiče na pogodnost sirovine za dalju preradu. Proces samozagrevanja, sa pojedinih mesta gde je otpočeo, može vrlo brzo da se prenese na celu masu, dovede do samopaljenja i do razvoja požara [11,12].

Da bi se povećala sigurnost skladištenja, neophodno je primeniti odgovarajuće mere. Mnogi autori su istakli prednost skladištenja zrna u inertoj atmosferi ugljen-dioksida ili azota. Ogledi koji su sprovedeni, pokazali su da je i vlažno zrno zadržalo svoju vitalnost (klijavost, enzimsku aktivnost), očuvan je sadržaj ostalih vrednih komponenata, a time je omogućeno da se na kraju dobiju proizvodi traženoga kvaliteta [13–18]. Isto tako, korištenjem hermetički zatvorenih skladišta, vazdušno zaptivenih, omogućava se bezbedno čuvanje zrna [19–21].

U našoj praksi, najčešće, uljano zrno se uskladištava posle grube obrade (uklanjanja primesa i nečistoća) i sušenja. Neadekvatna priprema zrna i nedovoljno kontrolisani uslovi u toku čuvanja, pospešuju proces samozagrevanja i doprinose pojavi požara. U ovakvim slučajevima industrija ima velike materijalne i ekonomske gubitke, propada sirovina, oštećuju se objekti, zastaje proizvodnja i nema proizvoda.

Radi davanja doprinosa aktuelnoj problematici, realizovano je sopstveno eksperimentalno istraživanje koje je zasnovano na ispitivanju mogućnosti bezbednog skladištenja vlažnog zrna soje u dužem vremenskom periodu i to u atmosferi ugljen-dioksida i u hermetičkim uslovima.

STRUČNI RAD

UDK 633.34:631.24

Hem. Ind. 66 (4) 587–594 (2012)

doi: 10.2298/HEMIND110808111M

Prepiska: D. Gavanski, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu, Školska 1, 21000 Novi Sad, Srbija.

E-pošta: vanja.gav@gmail.com

Rad primljen: 8. avgust, 2011

Rad prihvaćen: 28. decembar, 2011

## EKSPERIMENTALNI DEO

### Materijal i metode

Za eksperimentalno istraživanje, s ciljem proučavanja problematike bezbednog skladištenja soje, u silosne ćelije od metala, koje su napravljene u tu svrhu, uskladišteni su uzorci zrna soje:

- uzorak S, zrno sa sadržajem vlage 10,99% (koje se preporučuje za komercijalno skladištenje) i
- uzorci C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub>, zrno sa povišenom vlagom 16,99%, koja pospešuju procese koji dovode do spontanog zagrevanja.

U silose je uskladišteno po ćeliji 1144,12 kg zrna soje. Posle punjenja, ćelije su dobro zatvorene kako bi se omogućila njihova hermetičnost i sprečila razmena gasova sa okolinom. U dve silosne ćelije (sa uzorcima S i C<sub>1</sub>) zatim je uvođen ugljen-dioksid. Tako je, atmosferski vazduh u ćelijaskom prostoru, odmah na početku skladištenja, zamenjen inertnim gasom. U tabeli 1 dat je pregledni prikaz uzoraka ispitivane soje u zavisnosti od sadržaja vlage i načina skladištenja.

Tabela 1. Ispitivani uzorci zrna soje korišćenih u eksperimentu  
Table 1. Tested soybean grain samples used in the experiment

Sadržaj vlage	Način skladištenja u silosnoj ćeliji	Oznaka uzorka
10,99%	U atmosferi CO <sub>2</sub>	S
16,96%	U atmosferi CO <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>
	Hermetički zatvoreno	C <sub>2</sub>

U ispitivanom vremenskom periodu, analiza uzoraka je tokom prvog meseca vršena svaki drugi dan, a zatim svaki treći ili četvrti dan. Nakon dva meseca čuvanja, uzorci su analizirani sa razmakom od desetak dana, a kasnije i u dužim vremenskim intervalima. Ukupno vreme oglada iznosilo je 216 dana.

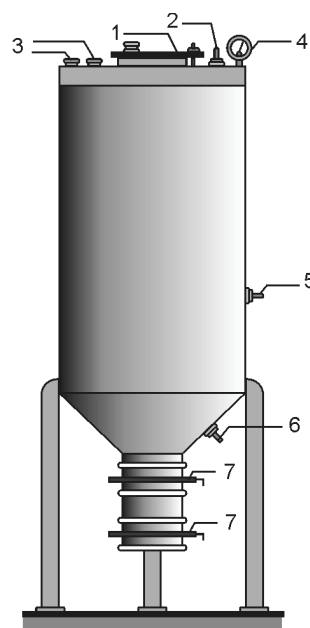
Za vreme skladištenja, merena je i praćena promena temperature u silosnoj ćeliji i spoljašnjeg vazduha i kontrolisan je sastav atmosfere u silosnim ćelijama. Promene kvaliteta uskladištenog zrna, praćene su na bazi sadržaja vlage, sadržaja ulja i proteina, kao i boje zrna. Kao pokazatelj kvaliteta ulja praćen je sadržaj slobodnih masnih kiselina.

Priprema uzoraka i analize vršene su po metodama propisanim standardima [22–25].

Boja zrna soje određena je standardnim sistemom, pomoću tristimulusnog fotoelektričnog kolorimetra MOM-Color D, koji je preporučila *Internacional Commission on Illumination* (CIE). Prema ovom sistemu (trihromatski sistem), boja se definiše obojenošću predmeta (dominantnom talasnom dužinom), čistoćom i njenim sjajem. Sistem omogućava da se odredi bilo koja boja i njen kvalitet. Za ovo ispitivanje zrno je prethodno samleveno, a zatim prosejano kroz sito veličine otvora 315 µm [26].

### Poluindustrijske silosne ćelije

Silosne ćelije su izrađene od nerđajućeg čelika. Ćelije su cilindričnog oblika, visine 2 m, prečnika 1 m, zapremine 1,695 m<sup>3</sup>. Na vrhu ćelije se nalazi otvor za punjenje, a na dnu otvor za pražnjenje. Otvori se mogu hermetički zatvarati. Za uzimanja uzoraka, na dnu ćelije, ispod konusnog dela ugrađena su dva šiber zasuna. Za uvođenje, odnosno ispuštanje gasa, na ćeliji su napravljena tri priključna mesta. Silosna ćelija je opremljena i instrumentima za merenje pritiska i temperature. Temperatura je merena pomoću termoelemenata po visini, pri vrhu ćelije, u sredini i pri dnu. Termoelementi su povezani na merne instrumente koji su baždareni za merenje temperature u opsegu od 0 do 50 °C. Poluindustrijska silosna ćelija prikazana je na slici 1.



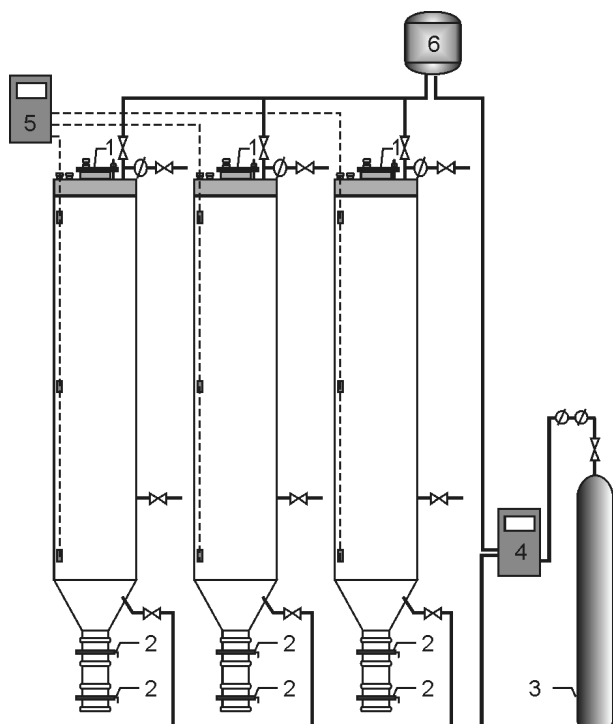
Slika 1. Izgled modelske silosne ćelije: 1 – otvor za uzimanje uzoraka, 2, 5 i 6 – dovod-odvod gasa, 3 – mesto za uvođenje termoelementa, 4 – manometer i 7 – šiber zasuni.

Figure 1. Design of model silo cell: 1 – sampling hole, 2, 5 and 6 – gas inlet-outlet, 3 – place for introduction of thermo element, 4 – manometer and 7 – sliding latch (door).

### Određivanje potrebne količine ugljen-dioksida za skladištenje

Potrebna količina ugljen-dioksida za skladištenje je određena na osnovu poznavanja zapremine ćelije, količine zrna, poroznosti mase zrna, količine ulja i sadržaja vlage u zrnu [2].

Potrebna količina ugljen-dioksida za zrno soje vlažnosti 10,99% je 2,69 kg/ćeliji, a za zrno vlažnosti 16,96% je 2,81 kg/ćeliji. Ćelije su punjene ugljen-dioksidom kroz priključke na dnu. Protok gasa je podešen na 2,5 m<sup>3</sup>/h. Šematski prikaz principa punjenja ćelija ugljen-dioksidom i merenja temperature dat je na slici 2.



Slika 2. Šematski prikaz silosnih ćelija: 1 – ulazni otvor, 2 – izlazni zasun, 3 – boca sa CO<sub>2</sub>, 4 – merač protoka, 5 – merač temperature i 6 – kompenzacioni lonac.

Figure 2. Schematic diagram of silo cells: 1 – inlet hole, 2 – outlet latch, 3 – CO<sub>2</sub> tank, 4 – flow meter, 5 – temperature gauge and 6 – compensation vessel.

Kontrola koncentracije ugljen-dioksida vršena je indirektno, merenjem koncentracije kiseonika. Za merenje je korišćen uređaj Fiedlab oxygen analyzer koji je preko uređaja za kontrolu protoka gasa povezan za kompresor.

## PRIKAZ I DISKUSIJA REZULTATA

Da bi se mogao pratiti kvalitet zrna tokom skladištenja, izvršena su merenja koja prikazuju kvalitet polaznih uzoraka. Rezultati koji su dobijeni prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Pokazatelj kvaliteta zrna soje i ulja pre skladištenja  
Table 2. Indicator of soybean grain and oil quality prior to storage

Pokazatelj kvaliteta	Uzorak zrna soje	
	S	C
Sadržaj vlage, %	10,99	16,96
Sadržaj ulja, %	18,09	21,59
Sadržaj proteina, %	38,54	40,76
Sadržaj slobodnih masnih kiselina, % oleinske kiseline	2,08	2,78

Za vreme trajanja ogleda merena je temperatura mase zrna u silosnim ćelijama i spoljašnja temperatura

vazduha. Merenja su obavljena tri puta u toku dana i to u 7, 15 i 23 h. Temperatura okolnog vazduha se menjala u rasponu od –3 do 18 °C. Temperatura zrna u silosnim ćelijama se kretala u granicama od –2 do 25 °C. Uskladišteni polazni materijal imao je prosečnu temperaturu oko 20 °C, ali kako je spoljašnja temperatura bila znatno niža (oko 9 °C), zrno se brzo hladilo. Nakon desetog dana došlo je do uravnoteženja temperatura u silosu sa temperaturom okoline. Temperature u ćelijama i spoljašnja temperatura razlikovale su se u proseku od 3 do 5 °C.

Dnevne promene temperatura okoline imale su veći uticaj na temperaturu zrna u gornjem i donjem delu mase, dok je u sredini promena sporija. Slična zapažanja se mogu naći i u radu Rodrígueza i saradnika [19]. Dnevne temperature u ćelijama su u proseku bile nešto više od onih koje su merene noću, a kolebanja temperatura su iznosila i do 5 °C. Temperatura visinom objekta menja vrednosti sa tendencijom povećanja u sredini ćelije i opadanjem na vrhu i dnu. Maksimalna zabeležena razlika temperatura na dnu i na vrhu ćelije je 5 °C.

Podaci koji su dobijeni pokazuju da temperatura okolnog vazduha, kao i dnevna kolebanja, imaju uticaj na temperaturu zrna u silosu. Kako su za vreme ogleda temperature okolnog vazduha bile relativno niske, a u silosnim ćelijama nije došlo do porasta temperatura uskladištenog zrna do vrednosti koje bi pospešile procese samozagrevanja, može se smatrati da temperatura zrna u našem ogledu nije imala uticaj na skladištenje. Za očuvanje kvaliteta zrna tokom skladištenja, u ovakvim uslovima, mnogo značajniji uticaj ima vlažnost zrna.

U silosnim ćelijama praćen je sastav atmosfere merenjem količine kiseonika. Posle punjenja i zatvaranja ćelija, izmerena je koncentracija kiseonika od 20,9%. Kroz ćelije sa uzorcima soje S i C<sub>1</sub>, propušan je ugljen-dioksid, sve do smanjenja koncentracije kiseonika do 2,0%. Koncentracije kiseonika su merene i u toku skladištenja, a vrednosti su date u tabeli 3.

Tabela 3. Koncentracija kiseonika (%) u ćelijama sa zrnem soje  
Table 3. Oxygen concentration (%) in cells with soybean grain

Vreme merenja	S	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Početak	2,0	2,0	20,9
16. dan	2,1	3,2	10,7
33. dan	4,2	7,2	8,6

Merenja su pokazala da je i u hermetički zatvorenoj ćeliji sa uzorkom C<sub>2</sub>, došlo do promene sastava vazduha. Koncentracija kiseonika nakon 16 dana skladištenja opala je na 10,7%, a posle 33 dana na 8,6%. Na osnovu ovoga, može se zaključiti da su nakon 15 dana skladištenja uspostavljeni uslovi kada su procesi koji dovode do spontanog zagrevanja usporeni. Prema literaturnim podacima [18,19,21], u zavisnosti od vlažnosti materijala i vremena skladištenja, količina ugljen-diok-

sida koja deluje inhibitorno je od 15 do 80%, ali dobri efekati se postižu i sa 7–8%.

Jedan od najvažnijih faktora koji utiče na promenu kvaliteta zrna u toku skladištenja je vlažnost zrna. Izmerene vrednosti vlažnosti zrna soje u određenim vremenskim intervalima su date dijagramski na slici 3.

Na dijagramu se uočava porast vlažnosti zrna u toku prvog dana skladištenja i to: za uzorak S od 0,19%, za uzorak C<sub>1</sub> od 1,82% i uzorak C<sub>2</sub> od 1,72%. U toku skladištenja nije došlo do znatnijeg porasta vlažnosti koja bi uticala na kvalitet soje. Izmerene vrednosti vlažnosti zrna, kod uzorka S bile su između 12 i 13%. U uzorcima C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> vlažnost zrna se kretala, uglavnom, između 18 i 19,5%. Evidentno je da ne postoji značajnija razlika u promeni vlažnosti zrna skladištenog u atmosferi ugljen-dioksida i hermetizovanoj ćeliji. Sadržaj vlage u uzorcima C<sub>2</sub> (iz hermetički zatvorene ćelije) bio je u proseku oko 4% niži nego u uzorcima C<sub>1</sub> (ćelija sa ugljen-dioksidom).

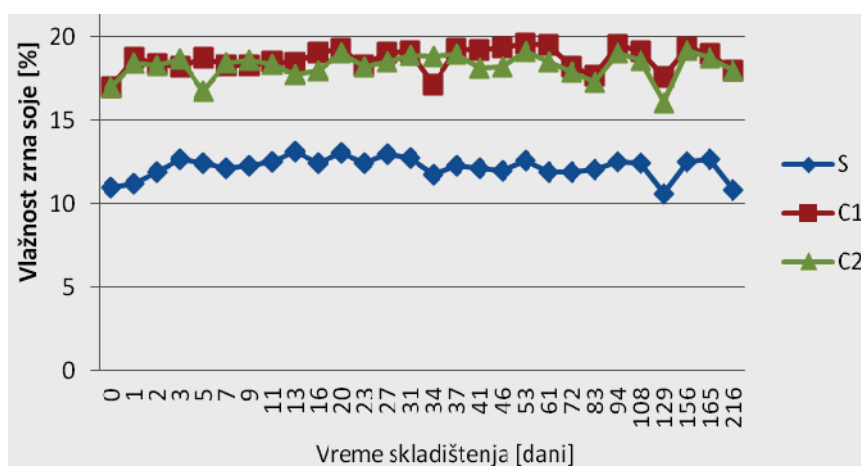
Pod nepovoljnim uslovima skladištenja, kada se javlja samozagrevanje mase, zrno soje poprima tamnu boju. Promena boje se obično prati vizuelno. Boja zrna soje,

u toku ovog eksperimenta, određivana je fotoelektričnim kolorimetrom. Pokazatelji za definisanje boje zrna soje prikazani su u tabelama 4–6.

Analizom rezultata na osnovu CIE sistema, konstatovano je da su dominantne talasne dužine za uzorke S u granicama od 541 do 576 nm (tabela 4), a boja zrna kod najvećeg broja uzoraka je zelenkasto-žuta. Za uzorke C<sub>1</sub> (tabela 5), dominantne talasne dužine su u granicama od 540 do 579 nm, dok je boja zrna najvećeg broja uzoraka žuta. Dominantne talasne dužine uzoraka C<sub>2</sub> su u granicama od 540 do 580 nm (tabela 6), a boja zrna je uglavnom žuta. Čistoća boje, kod svih uzoraka, relativno je mala i u granicama od 17,4 do 55% (maksimalno je 100% kada boja odgovara čistoj spektralnoj boji). Kod uzoraka soje S izmerene vrednosti pokazuju veću sjajnost.

Na osnovu izvršenih merenja i dobijenih rezultata, može se konstatovati da tokom skladištenja nije došlo do izrazitije promene boje zrna koja bi ukazala na pad kvaliteta.

Neadekvatno skladištenje dovodi do razgradnje zrna i gubitaka sadržaja ulja i proteina. Određivanjem koli-



Slika 3. Promena vlažnosti semena soje tokom skladištenja.

Figure 3. Change in soybean grain moisture content during storage.

Tabela 4. Pokazatelji boje zrna soje uzorka S u toku skladištenja (uzorak početne vlažnosti 10,99% čuvan u ćeliji sa CO<sub>2</sub>)

Table 4. Indicators of soybean grain color in sample S during storage in CO<sub>2</sub> (starting humidity: 10.99%)

Pokazatelj boje		Vreme skladištenja, dani									
		Početno	3	16	23	31	83	108	129	165	216
Tristimulosne vrednosti	X	57,00	60,18	62,05	60,91	67,84	66,45	57,93	63,07	55,89	58,72
	Y	60,35	63,32	65,20	63,58	78,04	72,56	61,65	67,08	110,81	61,93
	Z	46,57	49,61	55,46	52,87	59,95	58,68	50,10	52,09	40,55	42,43
Koeficijenti hromatičnosti	x	0,350	0,350	0,340	0,343	0,330	0,336	0,341	0,346	0,270	0,360
	y	0,370	0,366	0,357	0,358	0,379	0,367	0,363	0,368	0,535	0,380
Dominantna talasna dužina, nm		574	576	574	574	565	568	572	573	541	574
Oblast boje <sup>a</sup>		Z-Ž	Ž	Z-Ž	Z-Ž	Ž-Z	Ž-Z	Z-Ž	Z-Ž	Žu-Z	Z-Ž
Sjajnost Y		60,35	63,32	65,20	63,58	78,04	72,56	61,65	67,08	110,81	61,93
Čistoća boje, %		25,00	24,00	17,40	24,00	20,00	19,79	20,60	21,70	50,00	30,00

<sup>a</sup>Ž – žuta; Z-Ž – zelenkasto-žuta; Ž-Z – žuto-zelena; Žu-Z – žućkasto-zelena

Tabela 5. Pokazatelji boje zrna soje uzorka  $C_1$  u toku skladištenja (uzorak početne vlažnosti 16,96% čuvan u ćeliji sa  $CO_2$ )  
 Table 5. Indicators of soybean grain color in sample  $C_1$  during storage in  $CO_2$  (starting humidity: 16.96%)

Pokazatelj boje		Vreme skladištenja, dani									
		Početno	3	16	23	31	83	108	129	165	216
Tristimulosne vrednosti	X	45,55	47,17	44,35	47,58	54,65	54,40	41,63	46,13	41,63	53,22
	Y	47,22	48,67	43,79	47,92	62,11	58,21	42,22	46,94	86,39	55,99
	Z	37,97	37,87	33,46	35,78	45,30	44,93	30,81	32,09	27,81	39,05
Koeficijenti hromatičnosti	x	0,350	0,350	0,365	0,360	0,337	0,345	0,363	0,368	0,267	0,360
	y	0,360	0,364	0,360	0,365	0,383	0,369	0,368	0,375	0,554	0,378
Dominantna talasna dužina, nm		578	576	581	578	566	572	579	578	540	574
Oblast boje <sup>a</sup>		ž	ž	žu-N	ž	ž-Ze	Z-ž	ž	ž	žu-Ze	Z-ž
Sjajnost Y		47,22	48,67	43,79	47,92	62,11	58,21	42,22	46,94	86,39	55,99
Čistoća boje, %		22,00	24,00	25,00	25,55	24,50	21,74	26,67	28,90	55,00	30,00

<sup>a</sup>ž – žuta; Z-ž – zelenkasto-žuta; ž-Z – žuto-zelena; žu-Ze – žućkasto-zelena; ž-Ze – žuto-zelenkasta; žu-N – žućkasto-narandžasta

Tabela 6. Pokazatelji boje zrna soje uzorka  $C_2$  u toku skladištenja (uzorak početne vlažnosti 16,96% čuvan u ćeliji sa  $CO_2$ )  
 Table 6. Indicators of soybean grain color in sample  $C_2$  during storage in  $CO_2$  (starting humidity: 16.96%)

Pokazatelj boje		Vreme skladištenja, dani									
		Početno	3	16	23	31	83	108	129	165	216
Tristimulosne vrednosti	X	45,55	49,62	44,82	45,17	55,70	54,27	43,28	45,92	43,56	48,01
	Y	47,22	50,96	44,26	44,52	61,12	59,96	44,82	47,50	88,72	47,88
	Z	37,97	39,60	34,36	33,28	46,36	45,31	33,06	33,15	29,77	35,25
Koeficijenti hromatičnosti	x	0,350	0,354	0,363	0,367	0,334	0,340	0,357	0,363	0,269	0,360
	y	0,360	0,363	0,359	0,360	0,378	0,376	0,370	0,375	0,547	0,375
Dominantna talasna dužina, nm		578	577	580	580	568	568	576	577	540	576
Oblast boje <sup>a</sup>		ž	ž	ž	ž	ž-Z	ž-Z	ž	ž	žu-Z	ž
Sjajnost Y		47,22	50,96	44,26	44,52	61,12	59,96	44,82	47,50	88,72	49,88
Čistoća boje, %		22,00	24,00	24,78	27,00	22,90	22,92	26,67	28,90	52,60	26,70

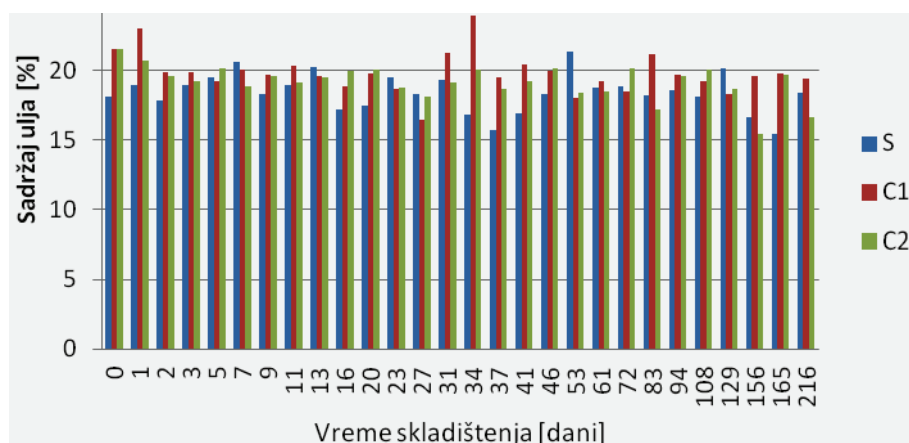
<sup>a</sup>ž – žuta; ž-Z – žuto-zelena; žu-Z – žućkasto-zelena

čine ovih parametara, u određenim vremenskim intervalima, praćene su promene kvaliteta zrna soje. Rezultati merenja, koji prikazuju promenu sadržaja ulja u zrnu soje, dati su dijagramski na slici 4.

Dobijene vrednosti pokazuju da se količina ulja u uzorcima S (soja sa nižim sadržajem vlage) kretala u

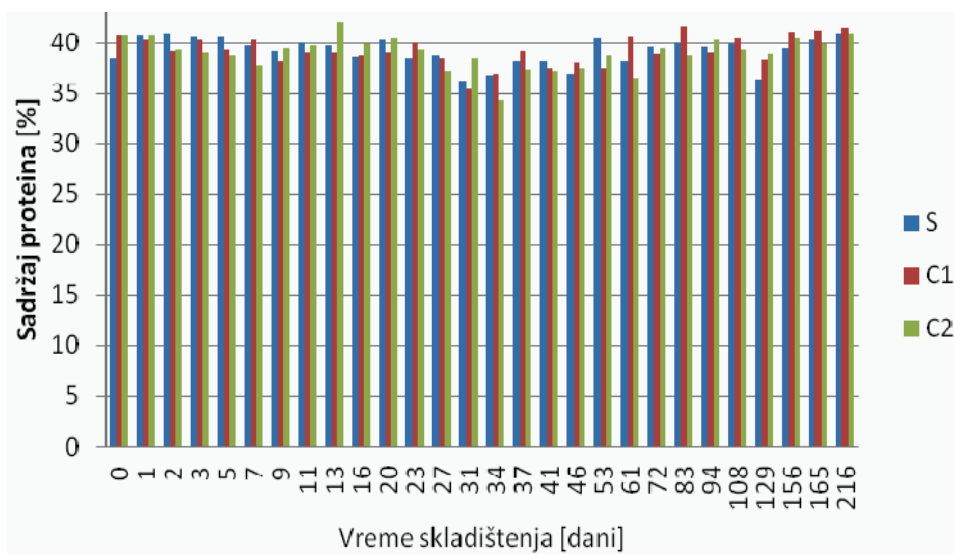
granicama od 15,43 do 21,38%. U uzorcima sa višim sadržajem vlage ( $C_1$  i  $C_2$ ) sadržaj ulja je varirao od 16,46 do 21,59%. Prema tome, na količinu ulja u zrnu nisu imali uticaj vlažnost zrna kao i uslovi skladištenja.

Promena sadržaj proteina u zrnu soje prikazana je dijagramski na slici 5. U ispitivanim uslovima nije došlo



Slika 4. Promena sadržaja ulja u zrnu soje tokom skladištenja.

Figure 4. Change in soybean grain oil content during storage.



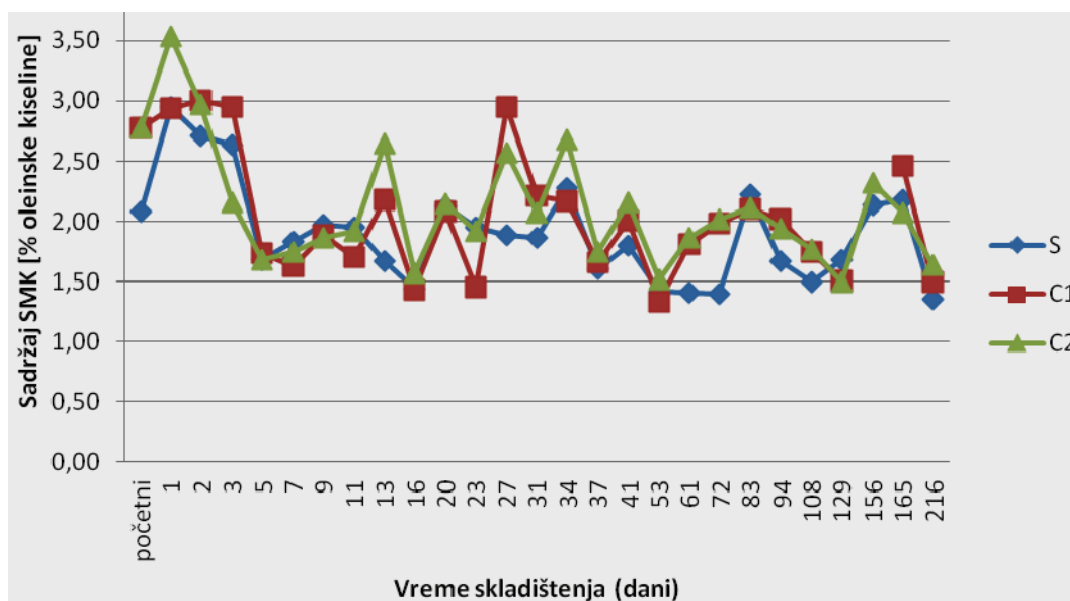
Slika 5. Promena sadržaja proteina u zrnu soje tokom skladištenja.  
Figure 5. Change in soybean grain protein content during storage.

do znatnije promene količine proteina u zrnu soje. U literaturi se navodi da ukoliko tokom skladištenja nema značajnijeg porasta temperature zrna, ne dolazi ni do razgradnje proteina [2,6].

Od svih promena koje nastaju u zrnu tokom skladištenja, najosetljivije su promene kvaliteta ulja. Uobičajeno je da se promene kvaliteta ulja prate određivanjem sadržaja slobodnih masnih kiselina (SMK). Povećani sadržaj SMK je indikator lošijeg kvaliteta ulja. Na slici 6 dijagramski su prikazani rezultati merenja SMK.

Prikazani rezultati pokazuju da se u zrnu stalno odigravaju hidrolitičke promene tokom skladištenja. U uzorcima sa nižim sadržajem vlage, vrednosti SMK su

varirale od 1,35 do 2,95. I u uzorcima sa povišenim sadržajem vlage, promene su bile slične (za uzorke C<sub>1</sub> od 1,33 do 3,00; za uzorke C<sub>2</sub> od 1,49 do 2,97). Kod uzorka koji je skladišten u hermetičkim uslovima, samo pri jednom merenju je dobijena vrednost od 3,54. Prema tome, u opisanim izabranim eksperimentalnim uslovima skladištenja, vlažnost zrna nije značajno uticala na promenu sadržaja SMK. Prema rezultatima istraživanja Acasia [11], kao i Turkulova i saradnika [16,27], a i u praksi, potvrđena je činjenica da pri skladištenju zrna u inertnoj atmosferi ne dolazi do znatnog povećanja SMK, odnosno bitne promene kvaliteta ulja.



Slika 6. Promena sadržaja slobodnih masnih kiselina u zrnu soje tokom skladištenja.  
Figure 6. Change in free fatty acid content in soybean grain during storage.

## ZAKLJUČAK

Da bi se vlažno zrno soje moglo bezbedno skladištiti duži vremenski period, moraju se obezbediti odgovarajući uslovi. Unapređenje bezbednosti skladištenja zrna soje povišene vlažnosti, uz očuvanje kvaliteta zrna, moguće je ostvariti u hermetički zatvorenoj silosnoj ćeliji ili u ćeliji sa ugljen-dioksidom. Tokom eksperimentalnog istraživanja, u trajanju od 216 dana, evidentirane temperature mase zrna bile su relativno niske (maksimalno 25 °C), te je zaključeno da nisu imale uticaj na uslove skladištenja koji bi doveli do spontanog zagrevanja. Izmerene vrednosti sadržaja ulja i proteina pokazale su da povišen sadržaj vlage u zrnu nije nepovoljno uticao na kvalitet soje. Takođe, boja zrna soje ostala je nepromenjena. Kontrola kvaliteta ulja, iz svih uzoraka, praćena je merenjem sadržaja SMK i nije ustanovljena značajna promena kvaliteta.

Na osnovu analiziranih rezultata, dobijenih eksperimentalnim istraživanjem, potvrđena je pretpostavka da se skladištenjem u hermetički zatvorenoj ćeliji ili u atmosferi ugljen-dioksida, zrna soje preporučene vlažnosti ili sa povišenim sadržajem vlage, postiže očuvanje kvaliteta zrna soje, kao i sprečavanje procesa koji iniciraju samozagrevanje mase zrna i eventualnu pojavu požara. Primena ugljen-dioksida u skladištenju vlažnog zrna soje se preporučuje, ne samo zbog postignutih dobrih rezultata tokom istraživanja, već i iz ekonomskih razloga jer se ugljen-dioksid može dobiti i iz domaćih izvora.

## LITERATURA

- [1] H.B.W. Patterson, Handling and Storage of Oilseeds, Fats and Meal, Elsevier Science Publishers LTD, England, 1989.
- [2] B. Oštrić-Matijašević, J. Turkulov, Tehnologija ulja i masti, I deo, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1980.
- [3] B. Oštrić-Matijašević, Važnost pravilnog skladištenja semena soje, Zbornik radova, Savetovanje: Problematika zaštite od požara, Novi Sad, 1980, str. 8.
- [4] R. Folić, P. Pavlović, M. Tatomirović, V. Radonjanin, Repair of Soya Meal Silo, Capacity 5400 t, Yugoslav National Report, XIII FIP Congress, Amsterdam; Proceedings IMS, Vol. XXV, No. 1, 1998, pp. 53–66.
- [5] P. Pavlović, R. Folić, V. Radonjanin, M. Tatomirović, Testing and Repair of Steel Silo, Constr. Build. Mater. **11** (1999) 353–363.
- [6] G. Juristowszky, Uticaj vlage na bezbednost skladištenja uljarskih sirovina, Zbornik radova, Savetovanje: Problematika zaštite od požara, Novi Sad, 1980, str. 12.
- [7] В.Г. Щербиков, В. Г. Лобанов, Биохимия и товароведение масличного сырья, М.:Колос, Москва, 2003.
- [8] D.F. Hidlebrand, T. Hymovitz, Two soybean genotypes lacking lipoxygenase-1, J. Am. Oil Chem. Soc. **58** (1981) 583–586.
- [9] С.Ю. Ксандопуло, Е.И. Копейковский, Е.Е. Григорьева, В. Ключкин, Активность липооксигеназы семян подсолнечника различных классов, Масло-жир. Пром-сть. **55** (12) (1980) 14–19.
- [10] M. Ostoić, V. Milanko, J. Turkulov, Đ. Karlović, Ispitivanje intenziteta disanja semena suncokrata radi sprečavanja samozagrevanja, Zbornik radova, 4. Jugoslavensko savetovanje Zaštita od požara, Novi Sad, 1994, str. 197–202.
- [11] U.A. Acasio, Handling and storage of soybeans and soybean meal, Technical Bulletin- Feed Tehnology, FT 35, American Soybean Association, 1997.
- [12] J.T. Mills, Spoilage and heating of stored agricultural products: prevention, detection, and control, Agriculture and Agri-Food Canada Publication 1823E, Research Station, Winnipeg, Man., 1989.
- [13] D. Abramson, C.J. Demianyk, P.G. Fields, D.S. Jayas, J.T. Mills, W.E. Muir, B. Timlick, N.D.G. White, Protection of farm-stored grains, oilseeds and pulses from insects, mites and moulds, Agriculture and Agri-Food Canada Publication 1851/E (Revised), Cereal Research Centre, 2001.
- [14] E.R. Alencar, L.R. Faroni, A.F. Lacerda Filho, L.G. Ferreira, M.R. Meneghetti, Influence of different storage conditions on soybean grain quality, 9<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection, Proceeding, 30–37, Sao Paulo, Brasil, 2006.
- [15] N.D.G. White, Protection of farm-stored grains, oilseeds and pulses from insects, mites and moulds, Agriculture and Agri-Food Canada Publication 1851/E, Cereal Research Centre, 2001.
- [16] V. Milanko, J. Turkulov, V. Vukša, Primena CO<sub>2</sub> u poluindustrijskom skladištenju soje, Zbornik radova, 36. Savetovanje Proizvodnja i prerada uljarica, Budva, 1995, str. 200–210.
- [17] M. Brkić, M. Šarić, M. Gnip, Primena inertnih gasova u skladištenju zrna žitarica i uljarica, Žito-hleb, **28** (2001) 3–11.
- [18] W.E. Muir, D.S. Jayas, N.D.G. White, Controlled atmosphere storage, Grain preservation biosystems, Department of Biosystems Engineering, University of Matoba, Canada, 2000, pp. 337–356.
- [19] J.C. Rodríguez, R.E. Bartosik, H.D. Malinarich, J.P. Exilart, M.E. Nolasco, Grain Storage in Plastic Bags: The Silobag System, EEA INTA Balcarce, 2002.
- [20] J.A. Darby, L.P. Caddick, Review of grain harvest bag technology under Australian conditions, CSIRO Entomology, Technical Report No. 105, 2007.
- [21] M. Brkić, M. Šarić, M. Gnip, Skladištenje zrna žitarica u hermetički zatvorenim skladištima, PTEP **5** (2001) 66–69.
- [22] SRPS EN ISO 665:2008, Seme uljarica - Određivanje sadržaja vlage i isparljivih materija.
- [23] SRPS E.B8.014:1973, Uljano seme. Metode određivanje količine sirovog ulja.
- [24] SRPS ISO 1871:1992, Poljoprivredno-prehrambeni proizvodi - Opšta uputstva za određivanje azota metodompo Kjeldalu.
- [25] SRPS E. B4. 417: 1991, Uljano seme - Seme soje za industrijsku preradu- Uslovi kvaliteta.
- [26] J. Turkulov, Đ. Karlović, V. Pribiš, Određivanje boje ulja pomoću tristimulusnog fotokolorimetra, Zbornik radova,

Savetovanje: tehnologa industrije ulja Jugoslavije, Ku-  
pari, 1983, str. 394-408.

- [27] J. Turkulov, S Veselinović, E. Dimić, Contribution to the  
Investigation of Chemical Changes in Sunflowerseed

during Storage, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **91** (1989) 391–  
–393.

## SUMMARY

### ANALYSIS OF THE EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON THE PRESERVATION OF SOYBEAN QUALITY AND THE PREVENTION OF THE SELF-HEATING PROCESS AND THE OCCURRENCE OF FIRES

Verica J. Milanko<sup>1</sup>, Dušan G. Gavanski<sup>1</sup>, Mirjana Đ. Laban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Higher Technical School of Professional Education in Novi Sad, Novi Sad, Serbia*

<sup>2</sup>*University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia*

(Professional paper)

After harvest, oilseed raw materials must be stored for a longer or shorter period of time before further processing. The task of storage is the safekeeping of the stored material with a minimal loss in quality. In order to preserve wet grain until processing, it is necessary to provide proper storage conditions. For this purpose, storage in the atmosphere of inert gases as well as storage in hermetically closed storages is applied. Such method is uncommon for oil cultures in domestic practice. Experimental research, analyzed in this paper, with emphasis on the effects of storage conditions on the preservation of soybean grain quality and the prevention of possibilities of the occurrence of the self-heating and self-ignition process, confirms the advantages of application of such method of storage for soybean grain. Soybean with the moisture content of 10.99 and 16.96% is stored in steel semi-industrial silo cells with carbon-dioxide atmosphere, and in hermetically sealed cell. The changes in temperature in the silo cells, changes in moisture content and discoloration of the soybean grains, as well as the amount of oil and protein in the grain were monitored during the experiment. The quality of the oil in grain was determined through the content of free fatty acids. The results of the research showed that, during longer period of time (216 days), the quality of the soybean grain in the sample with higher moisture content (16.96%) was preserved when storage was performed in carbon dioxide atmosphere. The storage of wet grain in a hermetically closed cell, in relation to the grain kept in carbon dioxide atmosphere, did not record significant differences in the examined indicators. Since the storage under controlled conditions did not result in the development of processes that would lead to the spontaneous heating of the soybean mass, the recommendation is to introduce such storage method for oilseed raw materials into domestic practice, with the additional aim of increasing the degree of protection against fire and explosions.

*Keywords:* Soybean • Storage • Carbon dioxide • Hermetic cells • Self-heating