

EFEKATI USLOVA ČUVANJA NA NUTRITIVNE KARAKTERISTIKE SOJINOG ZRNA I SOJINIH PROIZVODA

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON NUTRITIVE PROPERTIES OF SOYA BEAN GRAIN AND SOYA BEAN PRODUCTS

Mr Slađana ŽILIC, dr Irina BOŽOVIĆ, dr Slađana ŠOBAJIC¹, dr Milica RADOSAVLJEVIĆ
Institut za kukuruz «Zemun Polje», Zemun-Beograd

¹Institut za bromatologiju, Farmaceutski fakultet, Beograd

REZIME

Brojni su razlozi koji dovode do promena hemijskih karakteristika kako sirovog sojinog zrna tako i sojinih proizvoda tokom čuvanja.

Sirovo sojino zrno, koje se čuva nakon žetve, treba posmatrati kao živ sistem u kome se neprekidno, sve do smrti, odigravaju brojni fiziološki procesi koji prouzrokuju različite biohemijske promene, postepen gubitak životne sposobnosti, kao i smanjenje nutritivnog kvaliteta. Usled narušavanja prirodnih formi nutritivnih konstituenata sojinog zrna pod uticajem temperature tokom tehnoloških tretmana prerade, biohemijski procesi u sojinim proizvodima tokom čuvanja mogu biti još intenzivniji i dovesti do još značajnijeg pogoršanja nutritivnog kvaliteta ali, recimo, i do formiranja jedinjenja sa korisnom, antioksidativnom funkcijom. U ovim radu prikazani su rezultati biohemijskih promene nastalih nakon čuvanja pet meseci na temperaturi od 20°C sirovog sojinog zrna i sojinih proizvoda.

Ključne reči: Soja, sojini proizvodi, uslovi čuvanja, biohemijske promene.

SUMMARY

There are many reasons causing changes of chemical properties of both, fresh soya bean grain and soya bean products during storage.

Fresh soya bean grain, stored upon harvest, should be considered as a living system in which numerous physiological processes continuously occur all the way to death causing different biochemical changes, the gradual loss of viability, as well as, the decrease of nutritive quality. Due to disturbance of natural forms of nutritive constituents of soya bean grain under impacts of temperatures during technological treatments of processing, biochemical processes in soya bean products can be more intensive during storage and can result in even more significant deterioration of nutritive quality, but also in the formation of compounds with a beneficial, antioxidative function. This study presents results of biochemical changes occurring in fresh soya bean grain and soya bean products stored at the temperature of 20°C for five months.

Key words: Soya bean, soya bean products, storage conditions, biochemical changes.

UVOD

Pre upućivanja na preradu sojino zrno se čuva u silosima, kontejnerima i različitim tipovima skladišnih objekata u kojima vrlo često ne postoje uslovi za vazdušno provetranje i održavanje optimalne temperature i vlažnosti vazduha.

Posle žetve, sojino zrno koje sadrži više od 14% vlage obavezno se suši kako bi se obezbedio 1) standardni kvalitet soje u prometu, 2) maksimalni kvalitet zrna, 3) nivo vlage koji ne dozvoljava razvoj bakterija i plesni i 4) sprečilo klijanje semena. Postoje dva načina sušenja: prirodni i veštački. Prirodno sušenje je sušenje na suncu, ali ovakav način sušenja nije podesan za velike količine soje i uslove visoke vlažnosti. U mnogim razvijenim zemljama sušenje zrna soje zasniva se na raznim mehanizmima, uključujući sušenje niskim temperaturama, podno sušenje, sušenje u binovima, ventilaciono sušenje, solarno sušenje itd. Bez obzira na način sušenja, uslovi, moraju biti kontrolisani i treba da obezbede brzo sušenje zrna. Iako temperatura pri sušenju mora biti povišena, kako bi se postigao željeni sadržaj vlage, nesme preći 75°C kako bi se obezbedila zaštita zrna od dekolorizacije i proteinske denaturacije. Međutim, u toku čuvanja može doći do gubitka kvaliteta usled biološke aktivnosti zrna, mikrobiološke aktivnosti i napada insekata i glodara. Gubljenje kvaliteta odnosi se na smanjenje životne sposobnosti i klijavosti semena,

moći apsorpcije vode, na promene hemijskog sastava prvenstveno na redukciju kvaliteta proteina i ulja kao i tamnjenje zrna. Sojino zrno je sačinjeno od živih tkiva u kojima se tokom čuvanja odigravaju respiratorni procesi. Mikroorganizmi koji vrše infekciju zrna takođe izazivaju respiraciju. U toku respiratornih procesa dolazi do sagorevanja rezervnih hranljivih materija, oslobađanja toplote i nagrađivanja ugljendioksida i drugih toksičnih komponenti.

Biološki aktivne enzimske forme sojinog zrna, prvenstveno izoenzimi lipoksigenaze, zadržavaju enzimsku aktivnost i posle žetve izazivajući promene teksture, mirisa, boje i hranljivog sastava, pa sirovo sojino brašno može da stoji samo izvestan, kraći vremenski period. Izoenzimi lipoksigenaze koji katališu procese peroksidacije masnih kiselina, kao i autooksidacija uslovljavaju destruktiju prvenstveno esencijalnih polinezasićenih masnih kiselina (PMK) linolne i linolenske kojima je soja izuzetno bogata. Sojino ulje sadrži oko 20 do 60% linolne kiseline i oko 2 do 15% linolenske kiseline koje sisari uključujući i čoveka ne mogu da sintetišu (Hammond and Glatz, 1989). Utvrđeno je da su depresija rasta, dermatoze, problemi jetre, oštećenja bubrega, povećanje osetljivosti na infekcije, umanjeње reproduktivne sposobnosti tipični simptomi nedostatka esencijalnih masnih kiselina u ishrani ljudi i životinja iz čega proizilazi njihova značajna zdravstvena uloga (Chapkin, 1992). Međutim, prisustvo dvostrukih veza u ovim manim kiselinama čine ih osetljivim na oksidaciju te je

hemijska stabilnost sojinog ulja kao i punomasnih sojinih proizvoda veoma problematična.

U prisustvu kiseonika pri procesima peroksidacije ugljovodoničnog lanca PMK tokom čuvanja nastaju veoma reaktivni slobodni hidroperoksidni radikali koji pripajaju vodonik iz okolnih ugljovodoničnih lanaca dovodeći do polimerizacije, umrežavanja enzima, strukturnih proteina i lipida. Hidroperoksidni radikali takođe izazivaju degradaciju proteina, biomembrana, destrukciju elektron transportnog sistema i akumulaciji toksičnih komponenti kao i ko-oksidaciju pigmenta za koje je poznato da imaju izraženo antioksidativno dejstvo (Wilson and McDonald, 1986).

Za očuvanje povrća na niskim temperaturama, pre zamrzavanja primenjuje se blanširanje kao preventivni tretman za redukciju aktivnosti enzima i sprečavanje pojave nutritivnih promena tokom zamrzavanja. Međutim, ovo uključuje promene u nutritivnom i organoleptičkom kvalitetu (smanjenje rastvorljivosti proteina, iskoristivosti esencijalnih amino kiselina, promene u teksturi i boji) pod uticajem toplotnog tretmana. Iz tog razloga u poslednje vreme izražuju se novi netermički tretmani koji bi se primenjivali pre skladištenja pojedinih poljoprivrednih proizvoda i koji bi omogućili skladištenje uz maksimalno očuvanje hranljive vrednosti (Hoover, 1983).

MATERIJAL I METODE RADA

Za ovaj rad odabrano je zrno soje sorte Bosa standardnog hemijskog sastava, selekcionisane u Institutu za kukuruz „Zemun Polje”.

Cilj istraživanja bio je da se utvrde biohemijske promene nastale nakon čuvanja pet meseci na 20°C sirovog sojinog zrna, sirovog sojinog brašna, flekica dobijenih postupkom mikronizacije na 140°C, griza dobijenog suvom ekstruzijom na 140°C, zrna prženog pet minuta u mikrotalasnoj peći i zrna autoklaviranog 20 minuta.

Analizirane su promene sadržaja ukupnih, u vodi i rastvorima soli rastvorljivih proteina, iskoristljivog lizina, masnih kiselina, tripsin inhibitora, kao i promene aktivnosti ureaze i lipoksigenaze 1. Sojino zrno i sojini proizvodi čuvani su u najlon vrećicama i zaštićeni od uticaja svetlosti.

Mikrotalasno prženje se zasniva na dejstvu mikrotalasa koji u spektru zauzimaju područje neposredno pored infracrvenog spektra i čije se talasne dužine kreću od jednog milimetra do nekoliko centimetara. Kada mikrotalasi prođu u materiju stupaju u interakciju sa pozitivnim i negativnim nabojima molekula vode koji rotiraju molekule usled dejstva privlačnih i odbojnih sila između dipola i električnog polja. Ova kretanja dovode do kidanja vodoničnih veza između susednih molekula vode i oslobađanja toplote "molekulskom frikcijom". Pozitivni i negativni joni rastvorljivih soli u hrani takođe stupaju u interakciju sa električnim poljem krećući se ka suprotno naelektrisanom sferi polja i kidaju hidrogenske veze sa vodom, uz oslobađanje toplote. Mudgett, (1986), Mudgett, (1989), navode da se toplota nastala u materiji prenosi kroz nju provođenjem, a da dubinu prodiranja mikrotalasa, prenos toplote i uopšte brzinu zagrevanja određuju dielektrične osobine biološkog materijala.

Mikronizacija je tehnološki proces koji se zasniva na dejstvu bliskih infracrvenih zraka talasne dužine od 1,8 do 3,4 mikrona koje emituju usijane keramičke pločice. Kada infracrveni zraci prođu u unutrašnjost zrna, zagrevaju je izazivajući vibraciju molekula vode. Nastaje svojevrsno kuvanje sadržaja zrna u njegovom omotaču. Zagrejano zrno izloženo pritisku valjaka pahulja se. Krajnji proizvod mikronizacije su tanke, postojane pahuljice povećane nutritivne vrednosti, poboljšanog ukusa, jestivosti i boje na kojima je znatno redukovana mikroflora sa površine zrna.

Ekstruzija se zasniva na delovanju toplote nastale usled trenja materijala koji se posredstvom puža potiskuje kroz cilindar. Tokom procesa ekstruzije veoma je značajan uticaj sadržaja vlage u zrnu jer pruža svojevrsnu zaštitu biomolekulima soje.

Autoklaviranje predstavlja hidrotermički proces koji se zasniva na dejstvu temperature vodene pare uz povišeni pritisak. Zagrejana vodena para uvodi se u zatvoren sistem pod pritiskom od 1,4 i temperature 120°C.

Promene svih ispitivanih nutritivnih konstituenata nakon čuvanja javljaju se u najvećoj meri kao posledica peroksidacije masnih kiselina, pa iz tog razloga ovom problemu, prvenstveno mogućnosti kontrole ovog procesa, a time i uslovima čuvanja u buduće treba posvetiti mnogo veću pažnju.

REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom radu analizirane su promene sadržaja ukupnih proteina i proteina rastvorljivih u vodi i rastvorima soli nakon čuvanja sirovog zrna i sojinih proizvoda dobijenih primenom različitih termičkih tretmana prerade.

Nakon čuvanja sirovog sojinog brašna uočen je nešto veći pad sadržaja ukupnih proteina i on je iznosio 5,7%, dok je nakon čuvanja zrna autoklaviranog 20 minuta zabeleženo značajnije povećanje sadržaja ukupnih proteina za 5,3% (tabela 1).

Na osnovu analiza, mnogo veće promene, koje su rezultat dužine i uslova čuvanja, uočene su na proteinima rastvorljivim u vodi. Sadržaj u vodi rastvorljivih proteina u u sojinom zrnu, brašnu kao i grizu i flekicama dobijenim na temperaturi od 140°C, opao je nakon čuvanja, dok je u zrnu prženom pet minuta u mikrotalasnoj pećnici, kao i u zrnu autoklaviranom 20 minuta, tokom čuvanja došlo do povećanja sadržaja u vodi rastvorljivih proteina (tabela 1).

Sadržaj proteina rastvorljivih u rastvorima soli nakon čuvanja sirovog sojinog zrna povećan je za 5,8%, a nakon čuvanja flekica čak za 36%, dok je nakon čuvanja sirovog brašna i griza došlo do smanjenja sadržaja za 3,6%, odnosno 32,1%. Do povećanja sadržaja proteina rastvorljivih u rastvorima soli došlo je i nakon čuvanja zrnu prženog pet minuta u mikrotalasnoj pećnici, kao i zrna autoklaviranog 20 minuta (tabela 1).

U kiselom medijumu opada rastvorljivost proteina, a s obzirom da tokom čuvanja dolazi do hidrolize neutralnih lipida do slobodnih masnih kiselina, Tomas i sar, (1989) smatraju da je hidroliza lipida tokom čuvanja jedan od glavnih razloga smanjene ekstrakcije rastvorljivih proteina. Međutim, poznato je da proizvodi nastali oksidacijom lipida mogu reagovati sa aminokiselinama i na taj način doprineti kako denaturaciji tako i polimerizaciji proteina, pa tokom čuvanja može doći do smanjenja ali i do povećanja sadržaja rastvorljivih proteina.

Tabela 1. Promene sadržaja proteina nakon čuvanja sirovog sojinog zrna i sojinih proizvoda

	UP (%)		PRV (%)		PRSR (mg/g)	
	K	20°C	K	20°C	K	20°C
Sirovo zrno	40,23	39,11	28,12	26,44	101,25	106,84
Sirovo brašno	40,23	37,97	28,12	26,62	101,25	97,61
Flekice	39,54	39,61	13,95	12,84	49,00	76,54
Griz	39,95	41,12	7,64	6,83	29,53	19,83
Mikrotalasno prženje 5min	38,90	39,39	10,46	13,92	27,02	30,87
Autoklaviranje 20min	38,33	40,47	10,94	20,70	36,39	37,17

UP-ukupni proteini, PRV-proteini rastvorljivi u vodi, PRSR-proteini rastvorljivi u rastvorima soli, K-kontrola

Lizin je esencijalna amino kiselina čiji sadržaj je u sojinom zrnu izuzetno visok, te se sojini proteini koriste kao dopuna cerealijama radi poboljšanja njihove hranljive vrednosti. Tokom čuvanja sirovog sojinog zrna na 20 °C povećan je sadržaj iskoristljivog lizina za 3,6%. Sadržaj iskoristljivog lizina bio je povećan za 8,2% nakon čuvanja sojinih flekica i 5,4% nakon čuvanja zrna autoklaviranog 20 minuta. Smanjenje sadržaja iskoristljivog lizina došlo je do izražaja nakon čuvanja sirovog sojinog brašna, zrna soje sorte Bosa pet minuta prženog u mikrotalasnoj pećnici i nakon čuvanja na 20°C sojinog griza dobijenog suvom ekstruzijom zrna na 140°C. Smanjenje sadržaja iskoristljivog lizina kretalo se od 3,9% posle čuvanja sojinog brašna do 18% nakon čuvanja na 20°C zrna prženog pet minuta u mikrotalasnoj pećnici (tabela 2).

Jedan od mogućih razloga povećanja sadržaja iskoristljivog lizina nakon čuvanja je reverzibilnosti nekih od faza Maillard-ove reakcije što je Nursten, (1981), potvrdio u svojim istraživanjima. Mirić i Šobajić, (2002), navode da se nastala Amadorijeva jedinjenja lako razgrađuju usled čega dolazi do eliminacije odgovarajućeg amina koji je u stanju da ponovo stupa u Maillard-ovu reakciju. Smanjenje sadržaja iskoristljivog lizina tokom čuvanja može biti izazvano reakcijom sekundarnih produkata peroksidacije lipida sa terminalnim grupama lizina i povećanjem sadržaja redukujućih šećera.

Sadržaj vlage ostao je nepromenjen jedino nakon čuvanja zrna autoklaviranog 20 minuta, dok je u ostalim proizvodima sadržaj vlage ili bio povećan ili smanjen, a rezultati korelacione analize ne pokazuju bilo kakvu zavisnost promene sadržaja vlage i ostalih ispitivanih svojstava.

Tabela 2. Promene sadržaja vlage i iskoristljivog lizina nakon čuvanja sirovog sojinog zrna i sojinih proizvoda

	Vlaga(%)		IL (g/16gN)	
	K	20°C	K	20°C
Sirovo zrno	6,65	5,43	4,078	4,226
Sirovo brašno	6,65	7,39	4,078	3,921
Flekice	3,34	5,73	3,369	3,688
Griz	6,78	5,78	3,882	3,555
Mikrotalasno prženje 5min	3,44	4,69	2,900	2,382
Autoklaviran je 20min	5,99	5,82	4,058	4,291

IL-iskoristljivi lizin, K-kontrola

Visoku hranljivu vrednost sojinog zrna umanjuje prisustvo antinutritivnih materija, što ujedno i ograničava upotrebu sirovog zrna i uslovljavaju obaveznu termičku preradu.

Tripsin inhibitor je jedan od najznačajnijih antihranljivih faktora u sojinom zrnu. Najveći negativan efekat tripsin inhibitor ima na pankreas životinja koje se hrane sirovom sojom, i to onih vrsta ili kategorija životinja kod kojih je težina pankreasa veća od 0,3% telesne mase. Različiti termički tretmani prerade za sada predstavljaju najčešće primenjavane načine eliminacije ovog kao i mnogih drugih antinutritivnih faktora. Međutim, primena termičkih tretmana i svodenje sadržaja tripsin inhibitora na u ishrani prihvatljiv nivo ne predstavlja garanciju konstantnog sadržaja tokom čuvanja. Naprotiv, prema našim rezultatima nakon čuvanja, u sojinom zrnu i brašnu, sadržaj tripsin inhibitora ostao je nepromenjen, ali u sojinim proizvodima dobijenim primenom različitih termičkih tretmana tokom čuvanja došlo je do promena sadržaja tripsin inhibitora. U grizu sadržaj tripsin inhibitora je povećan za 26,8%, a u flekicama smanjen za 22,5%. Do smanjenja sadržaja tripsin inhibitora došlo je i nakon čuvanja

zrna prženog pet minuta u mikrotalasnoj peći, kao i zrna autoklaviranog 20 minuta (tabela 3).

Aktivnost ureaze ostala je nepromenjena nakon čuvanja sirovog zrna i flekica, dok je u sojinom brašnu smanjena za 26,1%, a u grizu povećana za više od 50%. Aktivnost ureaze bila je povećana i nakon čuvanja zrna prženog pet minuta u mikrotalasnoj peći (tabela 3).

Jedan od bitnih uzročnika nestabilnosti punomasnih sojinih proizvoda tokom čuvanja je lipoksigenaza.

Tabela 3. Promene sadržaja tripsin inhibitora i aktivnosti ureaze i lipoksigenaze 1 nakon čuvanja sojinog zrna i sojinih proizvoda

	TI (mg/g)		U (mg/g/min)		Lx1 (μmol/ml/min)	
	K	20°C	K	20°C	K	20°C
Sirovo zrno	34,42	34,51	8,40	8,37	5,625	3,425
Sirovo brašno	34,42	34,07	8,40	6,21	5,625	1,437
Flekice	22,80	17,69	1,05	1,01	0,096	0,033
Griz	8,59	11,72	0,038	0,092	0,043	0,029
Mikrotalasno prženje 5min	15,87	13,83	0,870	1,34	0,018	0,039
Autoklaviran je 20min	18,49	13,25	2,14	1,25	0,014	0,007

TI-tripsin inhibitor, U-ureaza, Lx1-lipoksigenaza 1, K-kontrola

Prema našim rezultatima nakon čuvanja sojinog zrna i, sa izuzetkom zrna prženog u mikrotalasnoj peći pet minuta, svih ispitivanih sojinih proizvoda došlo je do pada aktivnosti lipoksigenaze 1 (Tabela 3). S obzirom da je tokom primene termičkih tretmana prerade došlo do degradacije enzima lipoksigenaze 1 sasvim je razuljivo što su aktivnosti ove izoenzimske forme u sojinim proizvodima nakon čuvanja niske. Međutim daleko je interesantnija činjenica da je nakon čuvanja sirovog sojinog zrna pad aktivnosti lipoksigenaze 1 iznosio oko 40%, a nakon čuvanja sirovog brašna čak 74,5%. Iako je aktivnost lipoksigenaze 1 nakon čuvanja toliko opala to ne znači da ona tokom čuvanja nije ispoljavala katalitičku ulogu što se može zaključiti na osnovu rezultata promene sadržaja PMK. Sadržaj linolenske kiseline nakon čuvanja sojinog zrna bio je za oko 15% niži u odnosu na sadržaj pre čuvanja, a nakon čuvanja sojinog brašna za oko 7%. Siedow, (1991), je potvrdio da lipoksigenaza u aktivnom centru sadrži atom gvožđa esencijalan za katalitičku funkciju enzima. Prema modelu koji su dali DeGroot i sar, (1975), enzim lipoksigenaza je u prirodnoj formi inaktivan i u njemu se atom gvožđa nalazi u dvovalentnom stanju. Pri reakciji neaktivnog enzima i molekula hidroperoksida, usled transfera jednog elektrona sa atoma gvožđa na kiseonik dolazi do formiranja aktivne forme enzima, gde je atom gvožđa trovalentan, i aktivacije kiseonika ili hidroperoksida (obrazuje se RO[•] i OH[•]). U aerobnom uslovima aktivni Fe³⁺ enzim se redukuje vezivanjem sa masnom kiselinom na mestu cepanja dvostruke veze pri čemu dolazi do obrazovanja linol - slobodni radikal (enzim-radikal) kompleksa. Reakcijom kiseonika sa slobodnim radikal-enzim kompleksom, jedan elektron gvožđa prelazi u peroksi radikal (anjon) i enzim se regeneriše. Međutim, ukoliko nisu obezbeđeni uslovi za regeneraciju enzima i s obzirom da konjugovani dieni koji se mere pri određivanju aktivnosti lipoksigenaze 1 nisu krajnji produkti peroksidacije masnih kiselina moguće je objasniti toliki pad aktivnosti enzima nakon čuvanja. Potvrdu katalitičke aktivnosti lipoksigenaze 1 tokom čuvanja predstavlja i velika razlika između aktivnosti u čuvanom zrnu i brašnu.

Sadržaj linolenske kiseline tokom čuvanja značajno je opao i u flekicama, dok se u ostalim proizvodima bitnije nije

promenio. Nakon čuvanja sojinih flekica smanjenje sadržaja linolenske kiseline iznosilo je čak 28,5%, ali je u ovom proizvodu došlo do povećanja sadržaja linolne i oleinske kiseline za ukupno 6,8%. Sadržaj linolne kiseline bio je povećan i nakon čuvanja zrna prženog u mikrotalasnoj peći kao i zrna autoklaviranog 20 minuta. Smanjenje sadržaja linolne kiseline nakon čuvanja sirovog sojinog zrna, brašna i griza odrazilo se na povećanje sadržaja oleinske kiseline (tabela 4). Na osnovu rezultata istraživanja uočava se da u sojinim proizvodima koji su zadržali formu zrna (zrno prženo pet minuta u mikrotalasnoj peći i zrno autoklavirano 20 minuta) i u kojima je početna aktivnost lipoksigenaze 1 bila niska, nakon čuvanja sadržaj PMK nije bio smanjen.

Tabela 4. Promene masnokiselinskog sastava nakon čuvanja sojinog zrna i sojinih proizvoda

	C16:0 (%)		C18:0 (%)		C18:1 (%)		C18:2 (%)		C18:3 (%)	
	K	20°C	K	20°C	K	20°C	K	20°C	K	20°C
Sirovo zrno	9,96	10,72	4,15	5,22	26,40	27,54	53,60	51,30	7,20	6,17
Sirovo brašno	9,96	10,19	4,15	4,20	26,40	24,42	53,60	52,41	7,20	6,71
Flekice	10,30	10,10	5,20	5,36	28,80	29,89	49,00	50,16	6,90	4,94
Griz	11,40	11,59	4,69	5,39	23,83	24,53	52,98	51,41	7,02	7,08
Mikrotalasno prženje 5min	10,25	10,24	5,45	4,10	27,81	27,64	51,15	52,73	5,84	5,92
Autoklaviranje 20min	10,11	11,45	4,92	4,29	27,05	25,76	51,09	52,14	6,83	6,36

C16:0-palmitinska kiselina, C18:0-stearinska kiselina, C18:1-oleinska kiselina, C18:2-linolna kiselina, C18:3-linolenska kiselina, K-kontrola

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ovog rada ne može se zaključiti da postoje zakonitosti u promenama ispitivanih hemijskih parametara sojinih proizvoda pod uticajem uslova čuvanja. Iako smo očekivali da će doći do pogoršanja nutritivnog kvaliteta, na osnovu naših rezultata ne može se zaključiti da su promene, nastale kao rezultat uticaja uslova čuvanja tokom pet meseci, uvek bile negativne. Tokom čuvanja u nekim proizvodima se povećao sadržaj rastvorljivih proteina, iskoristljivog lizina, pa čak, u nekoliko proizvoda, i polinezasićenih masnih kiselina. Međutim, evidentno je da je nakon čuvanja sojinih proizvoda pet meseci na temperaturi od 20°C došlo do veoma izraženih promena svih ispitivanih nutritivnih konstituenata koje su u najvećoj meri posledica peroksidacije masnih kiselina.

Peroksidacija masnih kiselina je kompleksan proces koji prvenstveno zavisi od aktivnosti veoma reaktivnih slobodnih radikala čije ponašanje je teško predvideti, a usled velikog broja lančanih reakcija koje oni izazivaju, ne može se u potpunosti pratiti. Da bi se ovi neželjeni efekti peroksidacije smanjili, ovom problemu, prvenstveno mogućnosti kontrole ovog procesa, a time i uslovima čuvanja u buduću treba posvetiti mnogo veću pažnju.

NAPOMENA: Istraživanja su finansirana od strane ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije projekt br. BTN.212.0708.B.

LITERATURA

- [1] Chapkin, R. S. 1992. Reappraisal of the essential fatty acids. Ch. 18 In *Fatty Acid and Their Health Implication*, C. K. Chow (Ed.) pp. 429-435. Marcel Dekker, New York.
- [2] DeGroot, J. M.C., Veldinki, G. A., Vliegthart, J. F. G., Boldingh, J., Wever, R. and VanGelder, B. F. 1975: Demonstration by EPR spectroscopy of the functional role of iron in soybean lipoxygenase. *BBA*. 377: 71-79.
- [3] Gardner, W. H. 1979: Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and amino acids: A review. *J. Agric. Food Chem.* 27: 220-229.
- [4] Hammond, E. G. and Glatz, B. A. 1989. Biotechnology applied of fats and oils Ch. 6 in *Developments in Food Biotechnology*, R. King and P. S. J. Cheetham. (Ed.) Vol. 2 pp. 173-217. John Wiley and Sons, New York.
- [5] Hoover, D. G. 1993. Pressure effects on biological systems. *Food Technol.* 47 (6): 150-155.
- [6] Kirigaya, N., Kato, H. and Fujimaki, M. 1968: Studies on antioxidant activity of nonenzymatic browning reaction products. I. Relations of color intensity and reductions with antioxidant activity of browning reaction product. *Agric. Biol. Chem.* 32: 287.
- [7] Mirić, M. i Šobajić, S. 2002: Zdravstvena ispravnost namirnica. Pog. 5 Uticaj procesa proizvodnje i pripreme hrane na njen kvalitet i zdravstvenu ispravnost. 189-208. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
- [8] Mudgett, R. E. 1986: Microwave properties and heating characteristics of food. *Food Technology*, 84-98.
- [9] Mudgett, R. E. 1989: Microwave food processing. *Food Technol.* 1: 117-126.
- [10] Nursten, M. E. 1981: Recent developments in studies of the Maillard reaction. *Food Chem.* 6: 263-277.
- [11] Siedow, J. N. 1991: Plant lipoxygenase: Structure and function. *Annu. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 145-488.
- [12] Thomas, R., DeMan, J. M. and DeMan, L. 1989: Soy milk and tofu properties as influenced by soybean storage conditions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 66: 777-782.
- [13] Yamaguchi, M. and Koyama, Y. 1967: Browning reaction products produced by the reaction between sugar and amino acids. III. Effect of the extraction from biscuits and cookies by various solvents on the stability of fat. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*. 14, 106.
- [14] Zamora, R. and Hidalgo, F. J. 2001: Inhibition of proteolysis in oxidized lipid-damaged proteins. *J. Agric. Food Chem.* 49: 6006-6011.
- [15] Wilson, D. O. Jr. and McDonald, M. B. 1986. The lipids peroxidation model of seed ageing. *Seed Sci. Technol.* 14: 269.

Primljeno: 12.03.2004.

Prihvaćeno: 24.03.2004.