

Određivanje koncentracije malondialdehida kao pokazatelja varijacija u oksidativnom statusu tretiranih oblika uljarica

Ispitivan je kvalitet uljarica posmatran preko stanja oksidativnog statusa. Određena je koncentracija MDA u tretiranim oblicima uljarica kao valjan pokazatelj stanja oksidativnog statusa. Prema obliku tretiranja uzorci su podeljeni u dve grupe. Za faktore zavisnosti uzeti su različiti vremenski intervali tretiranja. Utvrđeno je da vremenski interval kao i sam način tretiranja imaju uticaja na količinu slobodnih radikala u ispitivanim biološkim sistemima, s tim u vezi i na oksidativni status. Određeno je kritično vreme za svaki uzorak i prikazan kritični status.

Uvod

Peroksidacija lipida samo je jedna od velikog broja reakcija koje iniciraju slobodni radikali i na taj način oštećuju ćelije, biomembrane i izazivaju bolesti. Delovanje slobodnih radikala sagledano kroz proces peroksidacije koga izazivaju se kod naturalnih produkata, u slučaju uljarica karakteriše kao užegnutost. Takve namirnice nisu upotrebljive u ishrani, jer se užegnutost ne može smanjiti ili ublažiti, već se slobodno-radikalske reakcije nastavljaju i jedna potpomaže i inicira narednu, te užegnutost biva ubrzana. Stoga su u radu korišćeni uzorci koji su prethodno tretirani na različite načine, s namerom da se utvrde varijacije u oksidativnom statusu uzoraka (odnosno užegnutosti) u zavisnosti od načina pripreme.

Zbog svoje velike upotrebljivosti, kako u ishrani ljudi tako i velikog broja životinja, za analizu su uzete uljarice, izdvojene kao posebna kategorija. Uljarice koje su korišćene kao uzorci jesu produkti koji u svom sastavu sadrže izvesnu količinu prirodnih antioksidanata i bogati su prirodnim mastima, te su procesi peroksidacije više izraženi.

Određivanje i, s tim u vezi, praćenje varijacija u oksidativnom statusu tretiranih oblika uljarica, preko determinacije koncentracije malondialdehida predstavlja osnovni cilj ovog rada.

*Selena Milićević
(1979), Vranje,
Narodnog heroja 43,
učenica 3. razreda
Gimnazije Bora
Stanković u Vranju.*

Teorijski deo

O slobodnim radikalima

Slobodni radikali su prema prihvaćenoj definiciji atomi, molekuli ili joni, sa jednim ili više nesparenih elektrona, te zbog takve svoje strukture predstavljaju veoma reaktivne čestice i imaju ulogu u oštećenju ćelija organizma. Priroda slobodnih radikala je takva da oni jako kratko žive (manje od 10^{-10} sekundi), njihova količina u organizmu je takođe mala (svega 32-320 femtograma po gramu tkiva superoksid-anjon radikala), no brzina njihovog nastajanja je velika (konstanta brzine reakcije sa kiseonikom iznosi $10^9 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ i manje). Ono što čini osnovu njihove mogućnosti oštećenja ćelija, odnosno njihovu degradacionu moć jeste to što oni izazivaju lančane reakcije; oni ih iniciraju te se niz slobodno-radikalskih reakcija nastavlja i stepen oštećenja tkiva uvećava. Samo je jedan slobodni radikal dovoljan da izazove promene na hiljadama molekula DNA, RNA, enzima i da ošteti lipidne komponente biomembrana, pre no što bude inaktiviran.

Slobodni radikali, nastali reakcijama agenasa iz prethodno pobrojanih izvora, međusobnim interakcijama ili interakcijama sa drugim molekulima izazivaju peroksidaciju i utiču na stvaranje bočnih veza, oštećenje lizozoma, nagomilavanje pigmenata starosti, oštećenje ćelijske membrane, kao i na promene u molekulima DNA i na taj način dovode do pojave masovnih hroničnih bolesti i ubrzavaju proces starenja ćelija (i organizma u celini).

Kao antagonisti slobodnih radikala javljaju se antioksidanti – jedinjenja koja imaju ulogu u antiradikalskoj odbrani. Naime, antioksidanti inhibiraju inicijaciju slobodno-radikalskih reakcija ili prekidaju lanac slobodno-radikalskih reakcija, uklanjaju slobodne radikale i obavljaju biohemijsku obnovu i remont radikala.

U svakom zdravom organizmu postoji ravnoteža između brzine nastajanja slobodnih radikala i antiradikalске odbrane. Osim stanja ravnoteže definiše se i stanje hiperoksije koje znači da postoji dovoljna aktivnost antioksidativnog sistema u sprečavanju uvećanog nastajanja slobodnih radikala. Ukoliko antioksidativni sistem oslabi i ravnoteža se pomeri u stranu bržeg nastajanja slobodnih radikala, organizam pada u stanje oksidativnog stresa. Organizam nije u stanju da štiti ćelijske komponente i on oboljeva.

Kontrola oksidativnog stresa (statusa)* danas se odvija na, uglavnom, indirektan način. Kao kontrolori koriste se biomarkeri, pokazatelji uznapredovanosti slobodno-radikalskih reakcija. Jedan od važnih biomarkera jeste malon-dialdehid (MDA: $\text{OHC-CH}_2\text{-CHO}$).

Čist MDA se retko nalazi, iz razloga njegove podložnosti reakcijama polimerizacije i degradacije i izdvaja se pomoću 1,1,3,3-tetraetoksipropana ili 1,1,3,3-tetrametoksipropana (NIOSH 1991).

* Oksidativni stres se kao termin vezuje za stanje organizma, a *oksidativni status* za ostale sisteme.

Kako je poznato da malon-dialdehid nastaje kao degradacioni produkt peroksidacije lipida koju izazivaju slobodni radikali (Martin 1992), u ovom radu MDA je upotrebljen kao kontrolor oksidativnog statusa tretiranih oblika uljarica. Ukoliko je koncentracija malon-dialdehida uvećana, uznapredovanost oksidativnih procesa je veća, odnosno oksidativni status je veći i ravnoteža je pomerenjena u stranu nastajanja slobodnih radikala. Ukoliko je koncentracija MDA smanjena, oksidativni status je manji i antioksidanti prekidaju ili sprečavaju dalje reakcije slobodnih radikala.

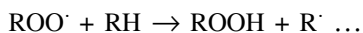
Peroksidacija lipida

Jedna od reakcija koju izazivaju slobodni radikali, uglavnom kod nezasićenih masnih kiselina, je peroksidacija lipida. U toku procesa nastajanja peroksida iz ovih masnih kiselina, obrazuju se slobodni radikali. Slobodni radikali ($ROO\cdot$, $RO\cdot$, $OH\cdot$), nastali na ovaj način postaju inicijatori reakcije peroksidacije i upravo je oni i započinju, no i u isto vreme iniciraju dalje reakcije peroksidacije.

Peroksidacija lipida je lančana reakcija koja je praćena slobodnim radikalima. Može se podeliti u tri faze:

inicijacija – formiranje $R\cdot$ iz prekursora

propagacija (širenje): $R\cdot + O_2 \rightarrow ROO\cdot$,



terminacija: $ROO\cdot + ROO\cdot \rightarrow$ proizvod koji nije slobodni radikal.

Peroksidacija lipida u najvećem broju slučajeva ima za posledicu štetne efekte, koji su uslovljeni razgranatošću i lančanošću ove reakcije. Lipidi koji su izloženi kiseoniku podložni su peroksidaciji koja je uzrok kvarenja hrane – njene užegnutosti, ali je isto tako odgovorna za oštećenje tkiva *in vivo* u kojima može da prouzrokuje kancer. Tok peroksidacije lipida dat je na slici 1.

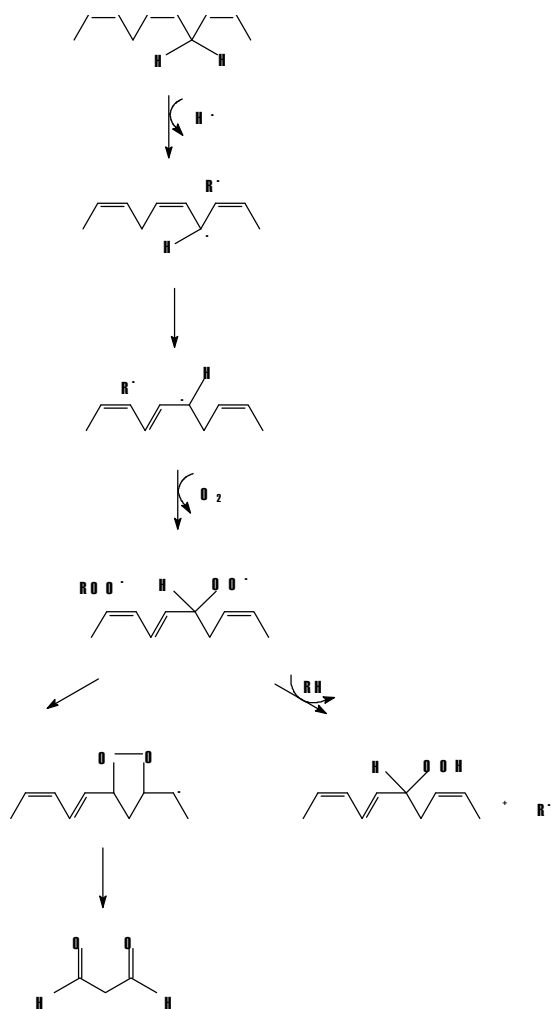
Materijal i metode

Kako su uzorci pripremljeni za analizu

Šesnaest odabranih uzoraka najpre je podeljeno u dve grupe i za svaki određen oksidativni status u svežem stanju (u tabelama ss).

Prvu grupu su činili:

- | | |
|---------------|------------------|
| – lešnik (le) | – mak (ma) |
| – orasi (or) | – suncokret (sn) |
| – badem (ba) | – kikiriki (ki) |
| – susam (su) | |



Slika 1.
Tok perodiksacije
lipida.

Figure 1.
Course of lipid
peroxidation.

Drugu grupu su činili:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| - ovsene pahulje (ov) | - proso (pr) |
| - ječmene pahulje (je) | - soja (so) |
| - pšenične pahulje (pš) | - beli pirinač (pi) |
| - beli kukuruz (bku) | - integralni pirinač (ip) |
| - žuti kukuruz (uku) | |

Ovakva podela načinjena je prema načinu tretiranja. Kao zavisno-promenljiva uzeto je vreme, tako da je svaki uzorak podrazumevao po tri probe, od kojih je prva značila pečena 10 minuta (u tabelama tp-10), druga 30 (tp-30) i treća 60 minuta (tp-60). Uzorci su pečeni na temperaturi od 150° . Druga grupa uzoraka je kuvana. Za svaki od devet uzoraka urađeno je po šest proba. I kod ovih uzoraka varirajući faktor bilo je vreme. U intervalima od po 20 i 40 minuta, uzorci su potapani u hladnoj vodi (u ta-

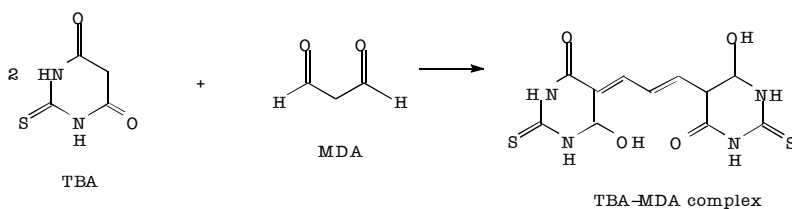
belama hv-20 i hv-40), u toploj vodi (tv-20 i tv-40) i u istim vremenskim intervalima ključalu vodu (kv-20 i kv-40). Hladna voda je podrazumevala česmensku vodu, dok je temperatura tople vode iznosila 40-50°C.

Pre tretiranja uzorci su očišćeni (od ljuste i slično) i dovedeni do stanja u kojem se u najvećem broju slučajeva upotrebljavaju u domaćinstvu, a potom usitnjeni do što potpunije homogenizacije. Za svaku od prethodno opisanih proba odmereno je po 10 g uzorka. Tako je za analizu pripremljeno 75 različitih uzoraka. Svaka proba za obe grupe uzoraka je rađena po dva puta, te je ukupan broj analiziranih uzoraka iznosio 150. Za analizu uzeta je srednja vrednost dobijena na osnovu dva merenja iste probe.

Opis metode

Odmereni uzorak, u koji je dodata hlorovodonična kiselina radi regulisanja pH-vrednosti, najpre se prodestiluje sa vodenom parom, nakon čega se u dobijeni destilat (prikupljen u normalnom sudu od 50 ml) doda trihlor-sirćetna (20%) i tiobarbiturna (0.04N u 90% sirćetnoj kiselini) kiselina.

Kako se uzorci rade u serijama (od po 40), ovako pripremljeni kuvaju se u vodenom kupatilu na temperaturi od 100°C, pet do šest sati kako bi se boja razvila. Crvena (ružičasta) boja potiče od nagrađenog kompleksa u reakciji jednog molekula malon-aldehida sa dva molekula trobarbiturne kiseline (TBA, slika 2). Intenzitet razvijene boje meri se spektrofotometrijski na talasnoj dužini od 525 nm. Uz svaku seriju rađena je i slepa proba.



Slika 2.
Nastajanje TBA-MDA kompleksa.

Figure 2.
Formation of TBA-MDA complex.

Očitane vrednosti preračunate su prema standardnoj pravoj koja se dobija, polazeći od osnovnog rastvora 1,1,3,3-tetraetoksi-propana koji se razblažuje do koncentracije $1 \cdot 10^{-8} - 7 \cdot 10^{-8}$ mol / 5 ml. Sa standardnim rastvorom se potom postupa isto kao i sa uzorkom. Preračunavanje je izvršeno po formuli standardne metode za određivanje koncentracije MDA (Đujić, usmena informacija):

$$\frac{\text{Masa MDA (mg)}}{1000 \text{ g uzorka}} = \frac{2.6208 \times 100}{\text{odvaga} \times R} \times A \text{ uzorka}$$

gde je R – odnos očitane i teorijske vrednosti apsorbance (u našem slučaju R = 96), a A – apsorbancu uzorka. Pri tome je, na osnovu slepe probe, urađena korekcija apsorbance, pa je preračunavanje rađeno po konačnoj formuli:

$$\frac{\text{Masa MDA (mg)}}{1000 \text{ g uzorka}} = \frac{2.6208 \times 100}{\text{odvaga} \times 96} \times (A \text{ uzorka} - A \text{ sl. probe}) \times 1.04.$$

Rezultati i diskusija

Rezultati određivanja koncentracije MDA u uzorcima uljarica dati su u tabeli 1. Prvu grupu čine u koje uzorci tretirani pečenjem, a drugu – hladnom vodom ili kuvanjem.

Tabela 1. Srednje vrednosti koncentracije MDA u uzorcima uljarica

np	ss	tp-10	tp-30	tp-60	hv-20	hv-40	tv-20	tv-40	kv-20	kv-40
le	54	95	81	78						
or	64	98	134	130						
ba	73	60	73	74						
ma	58	67	305	351						
su	80	105	70	67						
ki	56	70	67	63						
sn	49	49	57	49						
np	ss	tp-10	tp-30	tp-60	hv-20	hv-40	tv-20	tv-40	kv-20	kv-40
pš	51				59	68	58	69	71	85
je	62				72	66	59	72	62	69
ov	62				83	72	68	67	71	71
so	82				94	84	93	122	97	141
pr	49				56	53	54	55	65	146
bku	69				45	70	56	48	95	90
uku	44				36	61	51	54	59	61
pi	58				82	88	68	54	86	57
ip	48				77	54	63	65	75	69

Izračunata je razlika između vrednosti koncentracija za dve probe istog uzorka i izražena preko procenata kako bi se utvrdila korektnost korišćene metode. Odstupanja, odnosno razlike između dve vrednosti, za isti tretirani oblik su data u tabeli 2. Verovatni uzrok odstupanja verovatno je to što su dve probe koje su se odnosile na isti uzorak, odnosno njegov tretirani oblik, pripremane su na isti način i u isto vreme, ali nije bilo moguće dve probe destilovati istovremeno (najmanje vreme između dve

probe bilo je 15 minuta, no ono se uvećavalo ukoliko je proces tretiranja zahtevao duži vremenski interval, te se najmanje vreme između dve probe uvećavalo i iznosilo 55 minuta).

Tabela 2. Razlike koncentracija MDA između dve probe istog uzorka

np	ss	tp-10	tp-30	tp-60	hv-20	hv-40	tv-20	tv-40	kv-20	kv-40
le	22	19	11	5						
or	11	2	2	5						
ba	0	9	3	9						
ma	7	28	9	16						
su	47	80	1	4						
ki	42	54	18	4						
sn	7	20	18	12						
pš	0.1				15	6	10	3	7	37
je	40				41	15	3	10	3	12
ov	18				1	4	21	1	1	17
so	14				12	19	25	23	18	8
pr	20				16	13	16	18	4	0
bku	32				18	54	28	3	0	0
uku	25				18	44	18	13	22	6
pi	9				0	0	0	0	0	0
ip	10				7	6	30	13	10	11

Kako bi se utvrdila razlika u koncentraciji MDA u zavisnosti od vremena izračunate su razlike između vrednosti za pojedine vremenske intervale (tabela 3). Na taj način su dobijene i razlike koncentracije MDA u zavisnosti od načina tretiranja. Ove razlike su uslovljene i procesom homogenizacije uzoraka: uzorci su homogenizovani mehanički, a razlika u koncentraciji MDA, odnosno razlika u oksidativnom statusu moguća je i između dva zrna istog uzorka. Vrednosti razlika nisu korišćene u preračunavanju, već su bile važne samo kao kontrolori ispravnosti metode, odnosno njene primenljivosti. Srednje vrednosti za dva uzorka istog tretiranog oblika računane su bez odstupanja.

Međusobno su upoređivane dobijene srednje vrednosti, s tim da je upoređivanje podrazumevalo poređenje vrednosti za koncentraciju MDA za različite tretirane oblike u odnosu na vrednosti za koncentraciju MDA u svežem stanju. Naime, u literaturi nisu nađene referentne vrednosti koncentracije MDA (Đujić, usmena informacija) te je stoga vrednost sagledavana preko vrednosti za uzorak u svežem stanju, jer je na taj način bilo moguće pratiti varijacije u koncentraciji MDA uzorka u zavisnosti od načina tretiranja (svaki uzorak je predstavljao referentnu vrednost za sebe).

Za sve uzorke u istoj grupi postoji razlika u kritičnom vremenu. *Kritično vreme* je određeno vremenskim intervalom u kojem je koncentracija

Tabela 3. Razlike između vrednosti koncentracija MDA dobijenih za tretirane uzorke u različitim vremenskim intervalima

np	ss-tp10	ss-tp30	ss-tp60	tp10-30	tp30-60				
le	41	27	24	14	3				
or	34	70	67	36	3				
ba	13	0.3	0.9	13	0.6				
ma	9	248	1	238	249				
su	25	10	12	36	2				
ki	13	10	7	3	4				
sn	0.05	8	0.05	8	8				

np	ss-hv20	ss-hv40	ss-tv20	ss-tv40	ss-kv20	ss-kv40	hv20-40	tv20-40	kv20-40
pš	8	18	8	19	20	34	9	11	15
je	10	4	3	10	0	06	7	6	13
ov	21	9	5	5	8	9	12	0	56
so	12	2	10	40	15	59	10	30	44
pr	7	4	5	6	16	97	2	0	23
bku	24	0	99	13	21	26	21	25	8
uku	8	16	6	10	14	17	24	4	2
pi	24	30	10	3	29	0	73	6	13
ip	29	5	14	17	27	21	24	2	6

MDA maksimalna, tj. onim intervalom u kojem prestaje uvećanje koncentracije MDA i posle kojeg se smanjuje vrednost oksidativnog statusa, tj. dolazi do zamiranja oksidativnih procesa. Ova analiza predstavljena je grafički (slike 3 i 4), pri čemu su oznake za tretirani oblik:

I grupa uzoraka

1 – ss

2 – tp-10

3 – tp-30

4 – tp-60

II grupa uzoraka

5 – hv-20 8 – tv-40

6 – hv-40 9 – kv-20

7 – tv-20 10 – kv-40.

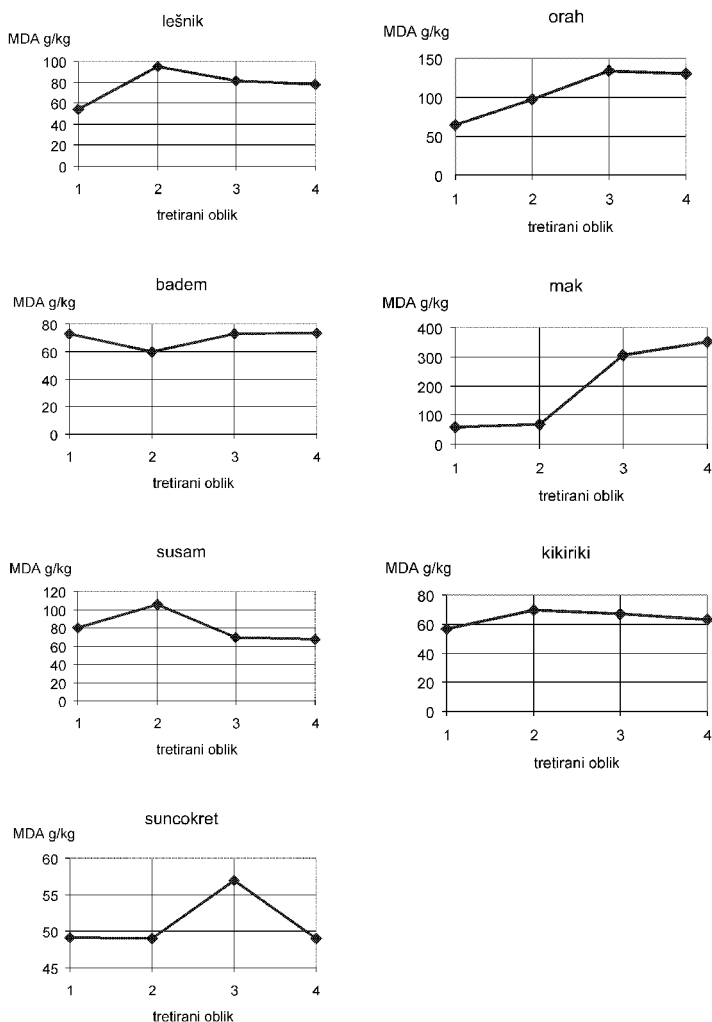
Smanjenje koncentracije MDA nakon kritičnog vremena zapaža se kod uzorka lešnika, oraha, susama, kikirikija i suncokreta. Za uzorak bade- ma dobijene vrednosti ne daju velike varijacije, te grafik pokazuje linear- nost, što znači da tretiranje nema direktnog uticaja na njegov oksidativni status. Izrazito uvećanje koncentracije MDA nakon perioda kritičnog vre- mena uočeno je kod uzorka maka, i objašnjava se velikim sadržajem gvo- žđa u ispitivanom uzorku. No, najveća dobijena varijacija je za uzorak suncokreta, jer su semena suncokreta bogata uljem (u čiji sastav ulaze ne- zasićene masne kiseline) što izaziva varijacije.

Kao i kod svih ostalih uzoraka, varijacije su posledica hemijskog sas- tava. Uzorci su i odabrani po kriterijumu što većeg sadržaja lipida, kako

bi varijacije bile uočljivije. No, i sadržaj drugih materija takođe bitno utiče na varijacije ili linearnost. Proces pečenja koji je za prvu grupu uzoraka značio tretirani oblik, podrazumeva hemijske promene na uzorku, te su varijacije opravdane.

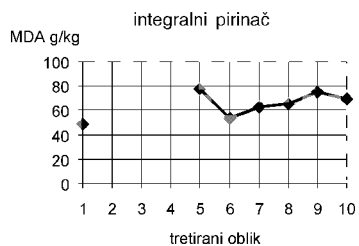
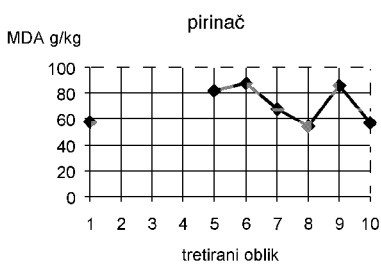
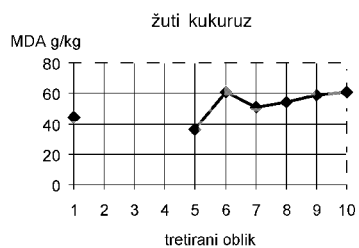
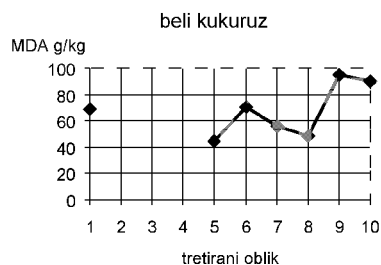
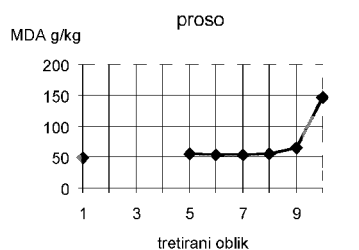
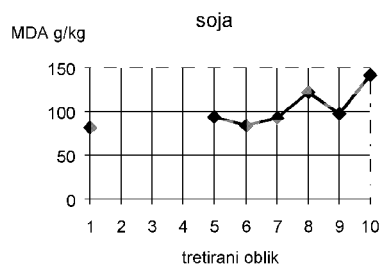
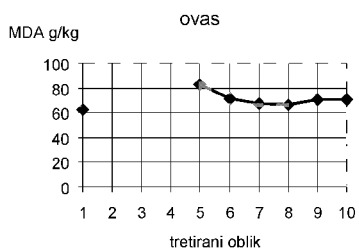
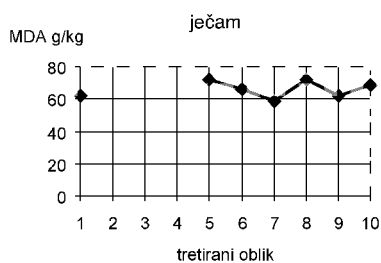
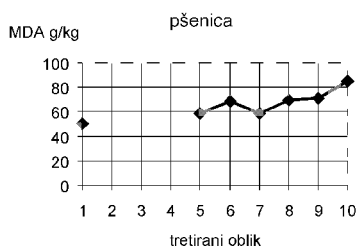
U drugoj grupi uzoraka ne može se govoriti o kritičnom vremenu kao kod uzoraka prve grupe. Naime, uzorci druge grupe su podeljeni na tri podgrupe (potapanje u hladnoj vodi, u toploj vodi i ključanje) od kojih su u svakoj rađene po dve probe u zavisnosti od vremena, što znači da se kritično vreme mora odnositi na svaku podgrupu pojedinačno.

U većini proba najveća koncentracija MDA dobijena je za uzorke koji su tretirani kuvanjem na 100°C. Ako se posmatraju rezultati po podgrupama, jasno se uočava da je u svakoj od njih koncentracija MDA uvećana



Slika 3.
Zavisnost koncentracije MDA od tretmana za prvu grupu uzoraka.

Figure 3.
Relationship between MDA concentration and form of treating for first group of samples.



Slika 4.
Zavisnost
koncentracije MDA
od tretmana za drugu
grupu uzoraka.

Figure 4.
Relationship between
MDA concentration
and form of treating
for 2nd group of
samples.

pri tretmanu od 40 minuta. Vrednosti za oksidativni status za uzorke tretirane 20 minuta u sve tri podgrupe su manje od vrednosti za uzorke tretirane 40 minuta, ali ova razlika nije velika. Na grafikonima se uočava i relativna linearnost, što znači da tretiranje uzoraka ne podrazumeva smanjenje kvaliteta. Kako je u većini uzoraka, polazeći od tretiranja u hladnoj vodi do tretiranja ključanjem, uočljiv porast koncentracije MDA, jasno je da dolazi do smanjenja kvaliteta, mada ono nije značajnije izraženo.

Većih varijacija u dobijenim rezultatima nema, s tim što je porast koncentracije MDA uslovljen porastom temperature opravdan. Naime, u hladnoj, pa i u toploj vodi ne dolazi do hemijskih promena na supstanci, dok ključanje izaziva degradaciju nekih važnih materija koje su sadržane u uzorku čiji se oksidativni status prati i koje su većinom termo ili foto labilne (na primer, vitamin C i većina antioksidanata).

Brzina nastajanja slobodnih radikala je velika, kao što su i same slobodno-radikalne reakcije brze. Peroksidacije lipida se dodatno ubrzava i povećava zagrevanjem. Uzorci kod kojih je uočeno smanjenje koncentracije MDA nakon kritičnog vremena, pokazuju da tretiranje nema uticaja na oksidativni status, odnosno da ga poboljšava, jer oksidativni procesi bivaju zaustavljeni, ili svedeni na minimum. Najveća dobijena vrednost je za proso za tretirani oblik ključanja za 40 minuta.

Osnovni je zaključak da varijacije u koncentraciji MDA, odnosno oksidativnom statusu, zavise i od načina i od dužine tretiranja. Stoga je određen tzv. *kritični status* – stanje definisano zajedno kritičnim vremenom i tretmanom uzorka. Kritični status označen je zvezdicama u tabeli 4.

Tabela 4. Prikaz vrednosti kritičnog statusa uzoraka

np	ss	tp-10	tp-30	tp-60	hv-20	hv-40	tv-20	tv-40	kv-20	kv-40
le		*								
or			*							
ba				*						
ma				*						
su		*								
ki		*								
sn			*							
pš										*
je					*					
ov					*					
so								*		
pr										*
bku									*	
uku										*
pi						*				
ip					*					

Može se uočiti da je kritični status kod skoro svih uzoraka prve grupe za većinu tretmana dostignut u intervalu od 30 minuta. Kod ovih uzoraka, nakon pečenja 10 minuta koncentracija MDA se povećava, što znači da povećanje temperature ubrzava oksidativne procese. Maksimum koncentracije se postiže u intervalima 30 ili 60 minuta. Stoga je prilikom tretiranja namirnica dovoljno ograničiti se na kritično vreme. Posle njega se oksidacioni procesi smanjuju, ali se pouzdano ne može reći da do uvećanja oksidativnog statusa neće doći ponovnim dužim vremenom tretiranja. Treba naglasiti da je za drugu grupu uzoraka kritični status podrazumevao tretiranje u vremenu od 40 minuta. Njegova vrednost je izta za sve podgrupe.

Zaključci

- Nakon perioda kritičnog vremena koncentracija MDA u ispitivanim uzorcima se smanjuje.
- Najizraženije varijacije za uzorke prve grupe su kod suncokreta.
- Najveće vrednosti koncentracije MDA dobijene su za uzorak maka.
- Uzorak badema pokazuje relativnu linearnost i u vezi sa tim nedovoljan uticaj tretiranja na varijacije u oksidativnom statusu.
- Kritično vreme tretiranja je 30 minuta.
- Varijacije u koncentraciji MDA za drugu grupu uzoraka nisu velike.
- Najveća dobijena vrednost je za uzorak prosa tretiran ključanjem.
- Kritično vreme iznosi 40 minuta za sve tri podgrupe uzoraka druge grupe.
- Tretiranje u većini slučajeva ima uticaja na varijacije u oksidativnom statusu.
- Sadržaj određenih hemijskih materija u uzorcima važan je i utiče na pomenute varijacije.
- Većina antioksidanata predstavlja po svojoj strukturi jedinjenja koja su foto ili termolabilna tako da se tretiranjem na povišenim temperaturama (pečenje i kuvanje) razgrađuju i gube svoju funkciju zaštite i odbrane od slobodnih radikala.
- Proces peroksidacije lipida koje izazivaju slobodni radikali nizom lančanih slobodno-radikalskih reakcija bivaju ubrzani na povišenim temperaturama.
- Razlike dobijene u vrednostima koncentracije MDA za dve probe istog uzorka su opravdane neistovremenim izvođenjem analiza proba za dati uzorak.
- Metoda je pokazala da je moguće pratiti oksidativne procese i varijacije u njima koje su uslovljene različitim tretiranjem uzoraka i u tom smislu govoriti o povećanju ili smanjenju kvaliteta.

Literatura

- Đujić, I., Jozanov, O. 1990. Slobodni radikali kiseonika i kancer. *Informacije o kancerogenima*. Novi Sad, Sremska Kamenica: Medicinski fakultet, str. 14-27.
- Đujić, I., Đorđević, M., Jovanović-Bekić, A. 1995. Šta treba da znamo o slobodnim radikalima i oksidativnom stresu. *Ekologija*, 2-5.
- Džamić, M. 1990. *Biohemija*. Beograd: Naučna knjiga.
- Esterbauer, H., Schaur, R., Zoller, H. 1991. Chemistry and Biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radical in Biology and Medicine*, **11**: 81-128.
- FAO. 1996. *Trace elements, natural antioxidants and contaminants in European foods and diets*. Rome: FAO, regional office for Europe.
- Free Radicals. 1994. Randox Laboratories. Diamond Road, Crumlin Co. Antrim, United Kingdom.
- Martin, d., Mayes, P., Rodwell, V., Granner, D. 1992. *Harperov pregled biohemije*. Beograd: Savremena administracija.
- NIOSH. 1991. Carcinogenicity of Acetaldehyde and Malonaldehyde, and Mutagenicity of Related Low-Molecular-Weight Aldehydes. *Current Intelligence Bulliten*, 55 (September).
- Peters, G. E. 1980. *Sve o ishrani*. Beograd: Beogradski izdavačko-grafički zavod.
- Pine, S., Hedrickson, J., Cram, D., Hammond, G. 1984. *Organska kemija*. Zagreb: Školska knjiga.
- Skendić, Đ. 1991. *Kolorimetrijsko određivanje zavisnosti boje glazure od sadržaja pigmenta*. Sarajevo: Svetlost.
- Vulićević, Lj. 1982. *Tehnologija keramike*. Aranđelovac: VTŠ.

Selena Milićević

MDA concentration as Indicator of Variations in Oxidative Status of Treated Oil-seeds Forms

The main aim of this paper was to study the quality of oil-seeds measuring oxidative status. As a valuable indicator of oxidative status, MDA was determined in treated oil-seeds forms. According to treatment, samples were separated into two groups. Each seed sample was treated for several different period of time.

It was concluded that bouth, time and sort of treating, influence oxidative status. By elongation of period of treating, oxidative status increases. Critical time was also determined.

