

Utjecaj antioksidansa na kvalitetu i oksidacijsku stabilnost palmína ulja

L. Raščić,^{a*} S. Čorbo,^a A. Čaušević^b i M. Begić^a

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License



^a Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerzitet u Sarajevu, Zmaja od Bosne 8,
71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

^b Zavod za javno zdravstvo Federacije BiH, Ul. Maršala Tita br. 9, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Sažetak

Upotreba plodova uljane palme (*Elaeis guineensis*) za proizvodnju ulja od plodova palme seže unatrag nekoliko tisuća godina. Na temperaturi 18 – 20 °C ulje je u krutom stanju, pa se naziva i mast. Ulje ima specifičan kemijski sastav, fizikalna i morfološka svojstva. Preradom plodova uljane palme dobiva se ulje dobre kvalitete, koje se upotrebljava u raznim industrijama, a najveću primjenu ima u prehrambenoj industriji. Međutim, kvaliteta palmína ulja uvjetovana je načinom proizvodnje, uvjetima čuvanja i skladištenja. Čuvanje ulja na visokim temperaturama, izloženost svjetlu i kisiku dovodi do nepoželjnih promjena koje narušavaju kvalitetu ulja ili proizvoda koji ga sadrži. Da bi se postigla veća oksidativna stabilnost palmína ulja, dodaju se antioksidansi u određenim koncentracijama koji mogu biti prirodni ili sintetski. U svrhu ovog istraživanja od prirodnih antioksidansa upotrijebljeni su ekstrakti ružmarina, rujevine, đumbira, smilja, sikavice, kadulje i ekstrakt mješavine ljekovitih biljaka u koncentracijama od 0,20 %, dok su od sintetskih antioksidansa upotrijebljeni butilhidroksianisol, butilhidroksitoluen i propil galat u koncentracijama od 0,01 %. Provedene su analize udjela vode, slobodnih masnih kiselina i vrijednosti peroksidnog broja, na kontrolnom uzorku (bez dodatka antioksidansa). Nakon dodatka antioksidansa u palmino ulje proveden je test održivosti u sušioniku pri 63 °C i svaka 24 h izvršeno uzorkovanje uz određivanje vrijednosti peroksidnog broja i sadržaja slobodnih masnih kiselina do najviše 120 h. Provedenim istraživanjem utvrđeno je da iz grupe sintetskih antioksidansa najveći doprinos stabilnosti palmína ulja pokazao je butilhidroksitoluen, dok su ostali sintetski antioksidansi slično djelovali. Iz grupe prirodnih antioksidansa najbolji učinak imao je ekstrakt smilja, dok su ekstrakti kadulje i sikavice ubrzali oksidativno kvarenje palmíne masti.

Ključne riječi

Palmíno ulje, prirodni antioksidansi, sintetski antioksidansi, oksidativna stabilnost, kvaliteta masti

1. Uvod

Uljana palma (*Elaeis guineensis*) višegodišnja je biljka uvrštena u porodicu *Arecaceae*,¹ čiji se plod sastoji od vanjske zaštitne kore, mesnatog dijela i koštice smještene u tvrdoj i debeloj ljusci.² Uljana palma jedna je od najznačajnijih uljarica koja daje visokokvalitetno ulje specifičnih fizičko-kemijskih osobina te u usporedbi s drugim uljaricama daje najveći prinos po hektaru zemlje.³ Iz mesnatog dijela ploda uljane palme može se dobiti palmíno ulje koje sadrži 55 % masti i oko 25 % vode, dok palmíno ulje dobiveno iz koštice (karnel ulje) sadrži 45 % ulja i 22 % vode. Navedene dvije vrste ulja međusobno se razlikuju po svojim fizikalno-kemijskim karakteristikama, kao što su talište, skrućivanje, jodni i saponifikacijski broj, ali i sadržaju tokoferola i fitosterola.² Najznačajnije je svojstvo palmína ulja iznimna stabilnost pri višim temperaturama. Također, palmíno ulje ima neutralan okus i miris, što pogoduje proizvodima kojima se žele očuvati originalna organoleptička svojstva bez utjecaja masti na njih. Frakcije palmína ulja jesu tečna frakcija (palmin olein) koja sadrži znatne količine oleinske kiseline (39 – 45 %) i linolne kiseline (10 – 13 %) te na temperaturi od 25 °C ostaje bistra, dok čvrsta frakcija palmína ulja (palmin stearin) sadrži palmitinsku kiselinu u rasponu od 49 do 68 % te 24 – 34 % oleinske kiseline.⁴ Bogat sastav palmína ulja ili masti uključuje negliceridne komponente poput karotenoida, tokoferola, tokotrieno-

la, fosfolipida, alkohola i mnogih drugih. Od posebnog su značaja karotenoidi i tokoferoli, antioksidansi koji igraju važnu ulogu u stabilnosti ulja i masti. Preradom plodova, odnosno kondicioniranjem, prešanjem te zatim ekstrakcijom uz primjenu kemijskih otapala (heksan ili ekstrakcijski benzin), djelomično se uklanjaju i poželjne komponente, ali istodobno dolazi do povećanja nepoželjnih komponenti kao slobodnih masnih kiselina koje prouzrokuju ubranu oksidaciju lipida.⁵

Općenito, ulja i masti imaju ograničen rok trajanja, nakon kojeg su podložni neželjenim promjenama, tj. promjenama organoleptičkih svojstava i nutritivne vrijednosti odnosno kvalitete pojedine sirovine ili proizvoda. Naime, kvarenje dovodi do gubitka biološki aktivnih komponenti kao što su esencijalne masne kiseline, provitamini, vitamini i druge komponente, a uslijed toga nastaju produkti razgradnje koji uzrokuju neugodan miris i okus. Stupanj kvarenja ulja i masti ovisi o vrsti sirovine, kemijskom sastavu i uvjetima prerade, kao i uvjetima skladištenja.² Oksidaciju masti i ulja mogu uzrokovati različiti čimbenici, kao što je neadekvatna temperatura, prisutnost svjetlosti i kisika te katalizatora. Antioksidansi, prirodni ili sintetski, dodaju se svježoj masti u manjim ili većim koncentracijama, da bi utjecali na bolju stabilnost ulja ili masti te da bi usporili autooksidacijske reakcije. Prirodni antioksidansi uključuju biljke i biljne ekstrakte, a za potrebe ovog istraživanja upotrijebljeni su biljni ekstrakti ružmarina, sikavice, rujevine, smilja, đumbira i kadulje.

* Autor za dopisivanje: Leila Raščić, BA prehrambene tehnologije
E-pošta: leila.rascic@ppf.unsa.ba

Ružmarin (*Rosmarinus officinalis*) aromatična je začinska i ljekovita biljka koja sadrži 1,5 – 2,5 % eteričnog ulja, oko 45 % ugljikohidrata, do 20 % celuloze, 6 % mineralnih tvari, flavonoide, saponine i dr. Eterična ulja sadrže pinen, cineol, kamfor, borneol i limonene. Ekstrakt se dobiva iz listova ružmarina, koji sadrži mnogobrojne biološke aktivne komponente, odnosno polifenolne terpene, flavonoide te fenolne kiseline, čime iskazuje svoj antioksidativni učinak.⁷ Sikavica (*Silybum marianum*) je specifična biljka koju karakteriziraju ljekovita i antioksidativna svojstva.⁸ Plodovi sikavice sadrže flavonoidni kompleks, simarin. Simarin je mješavina koja se sastoji od parova diastereoizomera, a to su silibin i silimar. Sikavica sadrži relativno veliku količinu ulja (20 – 31 %) te određene masne kiseline, kao što su linolna, oleinska, linolenska i palmitinska. Antioksidativna aktivnost sikavice ogleđa se u njezinoj sposobnosti reakcije sa superoksid anionskim radikalima, vodikovim peroksidima i hidroksilnim radikalima.⁹ Rujevina (*Cotinus coggygria Scop.*) je listopadni grm ili niže stablo iz porodice vonjača (*Anacardiaceae*). Ekstrakt rujevine sadrži fenolne kiseline od kojih je najzastupljenija ružmarinska, dok su u manjoj mjeri zastupljene kafeinska, kumarinska, klorogenska i ferulinska kiselina. Eterično ulje rujevine dobiva se iz cvjetova koji sadrži monoterpen limonen i α -pinen.⁸ Smilje (*Helichrysum italicum*) je višegodišnja ljekovita biljka iz porodice glavočika *Asteraceae* i roda *Helichrysum*. Eterično ulje smilja sadrži flavonoide, tanine, smole, gorke tvari i mnoge druge korisne komponente. Glavni sastojci eteričnog ulja su oksigenirani monoterpeni (43,90 %) i seskviterpensi ugljikovodici (41,20 %), kao i esteri, ketoni i fenoli. Najvažniji sastojci ulja su α -pinen (8,76 – 27,23 %), koji iskazuje protuupalno djelovanje i neril acetat (5,75 – 20,79 %), koji je zaslužan za njegovu regenerativnu moć, a o sadržaju te dvije komponente ovisi kvaliteta eteričnog ulja.¹⁰ Đumbir (*Zingiber officinale*) je korijen koji izgleda kao šaka s nepravilnim prstima. Karakterističan kemijski sastav đumbira čine: eterična ulja (zingiberan, arkurkumen, beta-bisabolen, neral i geranial, D-kamfor, beta-felandren, linalol i zingiberol), aril alkani (gingerol, šogaol i gingerdiol). Đumbir je snažan antioksidans koji ublažava ili sprječava stvaranje slobodnih radikala.^{11,12} Kadulja (*Salvia officinalis*) je višegodišnja biljka iz porodice usnatice *Laminaceae*. Najvažnije biološke aktivne komponente kadulje su tujon, cineol, kamfor, borneol, flavonoidi i mnoge druge.⁶

Uljima i mastima se osim prirodnih antioksidansa mogu dodavati i sintetski antioksidansi koji se u praksi upotrebljavaju kao aditivi, lijekovi i zamjene, ali je i općeprihvaćena činjenica da su prirodni antioksidansi vrjedniji, učinkovitiji i zdravstveno sigurniji od sintetskih.^{11,12} Sintetski antioksidansi dobivaju se kemijskim putem, tj. nisu prirodni sastojak hrane. Kemijski sastav antioksidansa čine aromatski spojevi fenolnog tipa. Najviše se upotrebljavaju: butilhidroksianisol – BHA (E 320), butilhidroksitoluen – BHT (E 321), esteri galne kiseline (propil galat – PG (E 310)), butil galat – BG, oktil galat (OG) i dodecil galat (DG) i tercijarni butil hidrokinon – TBHQ (E 319). Dodaju se u koncentraciji od 0,01 do 0,02 %.² Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj prirodnih i sintetskih antioksidansa na kvalitetu i oksidacijsku stabilnost rafiniranog palmira ulja. Shodno tome, proučen je utjecaj povišene temperature na parametre održivosti i kvalitete ulja, prije svega na vrijednosti peroksidnog broja i udio slobodnih masnih kiselina, primjenom Schaal

Oven testa u različitim vremenskim intervalima do 120 h tretiranja pri temperaturi od 63 °C.

2. Eksperimentalni dio

2.1. Materijali

Ispitivanje je provedeno na uzorku palmira ulja ili masti (Hayat, Indonezija). Na deklaraciji je navedeno da se radi o palminom oleinu namijenjenom za prženje i kuhanje te da su dodani vitamini A i D. Za određivanje stabilnosti uzorka palmira ulja upotrijebljeni su prirodni i sintetski antioksidansi u različitim koncentracijama. Od sintetskih antioksidansa upotrijebljeni su butilhidroksianisol (BHA) (Semikem, Sarajevo), butilhidroksitoluen (BHT) (Semikem, Sarajevo) i propil galat (PG) (Acros Organics) u koncentracijama od 0,01 % (računato na masu masti), dok su od prirodnih antioksidansa upotrijebljeni ekstrakti (biljne kapi): rujevine (Mobis Pharm, Mostar), sikavice (Mobis Pharm, Mostar), ružmarina (Mobis Pharm, Mostar), đumbira (Mobis Pharm, Mostar), smilja (Mobis Pharm, Mostar) te biljni eliksir (Tahirović, Sarajevo) u koncentracijama od 0,20 % (računato na masu masti). Svi prirodni antioksidansi nabavljeni su na tržištu Kantona Sarajevo. Na deklaraciji ekstrakata rujevine, sikavice, ružmarina, đumbira i smilja navedeno je da se radi o alkoholnim otopinama te da su 100 % prirodnog porijekla bez konzervansa i umjetnih materija. Na deklaraciji biljnog eliksira naveden je sljedeći sastav: vodeno-etanolni (70 % voda, 30 % etanol) ekstrakt cvijeta nevena, matičnjaka, kunice, gloga, ružmarina, breze, artičoke, imele i lincure.

2.2. Metode

Za utvrđivanje kvalitete ulja primijenjene su sljedeće laboratorijske analize: udio vlage metodom ISO 662:2016,¹³ udio slobodnih masnih kiselina standardnom titracijskom metodom ISO 660:2020¹⁴ i vrijednost peroksidnog broja metodom po Wheeleru ISO 3960:2017.¹⁵ Za ispitivanje oksidativne stabilnosti masti primijenjen je Schaal Oven test u sušioniku (ULM-400, Memmert, Njemačka) pri temperaturi od 63 °C. To je dinamički test u kojem dolazi do oksidativnih promjena u masti zbog djelovanja topline bez utjecaja svjetlosti. U svim uzorcima ulja određen je udio slobodnih masnih kiselina i vrijednost peroksidnog broja prije i nakon testa pri temperaturi 63 °C. Ispitivanja navedenih parametara provedena su u 0., 24., 48., 72., 96. i 120. satu obrade pri navedenoj temperaturi. Nakon završetka početnih analiza pripremljeni su uzorci za ispitivanje oksidativne stabilnosti Schaal Oven testom. U staklene laboratorijske čaše, odvagani su antioksidansi u koncentraciji (0,01 % sintetski i 0,20 % prirodni, računato na masu masti) u koju je dodano palmira ulje. Nakon dodavanja ulja sadržaj je izmiješan staklenim štapićem. Pripremljeni uzorci su zagrijani u vodenoj kupki (GFL, Njemačka) pri temperaturi 70 °C u trajanju od 30 min uz miješanje pomoću staklenih štapića. Laboratorijske čaše s uzorcima prekrivene su satnim stakalcima nakon zagrijavanja, a zatim su prenijete u prethodno zagrijani sušionik na temperaturu od 63 °C. Svakih 24 h, tijekom pet dana, uzorci su izvađeni iz sušio-

nika, promiješani staklenim štapićem, uzorkovani u druge čaše za analize i vraćeni u sušionik radi daljnjeg ispitivanja.

2.3. Statistička analiza

Statistička obrada podataka izvršena je primjenom programa Past 3.15.¹⁶ Da bi se utvrdile statistički značajne razlike u vrijednostima peroksidnog broja i udjela slobodnih masnih kiselina pod utjecajem vrste antioksidansa i vremena uzorkovanja, primijenjena je dvofaktorska analiza varijance te u slučaju utvrđivanja statistički signifikantnih razlika primijenjen je Tukey test (razina signifikantnosti $\alpha = 0,05$).

3. Rezultati i rasprava

Rezultati određivanja udjela vlage, slobodnih masnih kiselina i vrijednosti peroksidnog broja rafiniranog palmira ulja prikazani su u tablici 1. Udio vlage u palmirnom ulju bio je 0,07 %. Ispitani uzorak palmira ulja u skladu je s *Pravilnikom o jestivim biljnim uljima, jestivim biljnim mastima i majonezama (Službeni glasnik BiH, br. 21/11)*¹⁷ i *Pravilnikom o jestivim uljima i mastima (Narodne Novine 11/19)*,¹⁸ jer ima manji udio vlage u odnosu na maksimalno dozvoljenu vrijednost do 0,20 %. Veće vrijednosti udjela vlage u palmirnoj masti u iznosu 0,52 %, u rasponu od 0,12 do 0,79 %, utvrdili su u svojem istraživanju *Ngando-Ebongue i sur.*¹⁹ i *MacArthur i sur.*²⁰. Provedenim istraživanjem utvrđena je vrijednost peroksidnog broja u iznosu 0,75 mmol O₂/kg za ispitivani uzorak palmira ulja ili masti, što odgovara odredbama važećih *pravilnika*^{17,18} koji propisuju maksimalnu vrijednost do 7 mmol O₂/kg, odnosno 5 mmol O₂/kg. Utvrđena vrijednost peroksidnog broja palmine masti nalazi se u rasponu rezultata koje su u svojem istraživanju otkrili *Abd El-Khair i sur.*²¹ od 0,30 do 150 mmol O₂/kg. Veće vrijednosti peroksidnog broja u odnosu na utvrđene u ovom radu zabilježili su *Palameta*⁴ i to 0,93 mmol O₂/kg, *Ngando-Ebongue i sur.*¹⁹ 2,32 mmol O₂/kg, *Paunović i sur.*²² 2,25 mmol O₂/kg te *MacArthur i sur.*²⁰ od 1,83 do 12,93 mmol O₂/kg. U ispitivanom uzorku ulja, udio slobodnih masnih kiselina iznosio je 0,15 %, a *pravilnicima*^{17,18} je propisano da jestiva rafinirana biljna ulja i masti mogu sadržavati najviše 0,30 % slobodnih masnih kiselina (izraženih kao oleinska). Kako je udio slobodnih masnih kiselina manji od propisanih maksimalnih vrijednosti, uzorak je u skladu s *pravilnicima*.^{17,18} Manji sadržaj slobodnih masnih kiselina u palmirnom ulju ili masti u odnosu na utvrđene u ovom radu zabilježili su *Abd El-Khair i sur.*,²¹ u rasponu 0,017 – 0,028 % (oleinske).

Oksidacijska stabilnost ili održivost masti ili ulja predstavlja vrijeme u kojem se oni mogu očuvati od intenzivnog procesa autooksidacije. Kvarjenje masti i ulja uzrokovano je oksidativnim procesom koji je najčešći tip kvarenja, a predstavlja proces oksidacije nezasićenog ugljikovodičnog lanca masnih kiselina. Poznavanje stabilnosti ili održivosti biljnih masti i ulja važno je da bi se unaprijed moglo odrediti vrijeme bez značajnih promjena kvaliteta. Dobivene vrijednosti peroksidnog broja za palmirno ulje, bez dodatka različitih prirodnih i sintetskih antioksidansa u

Tablica 1 – Prosječne vrijednosti udjela vlage, slobodnih masnih kiselina i peroksidnog broja palmira ulja (početne analize)

Table 1 – Average values of moisture content, free fatty acids, and peroxide number of palm oil (initial analysis)

Parametar Parameter	Palmirno ulje Palm oil
Vlaga / % Moisture / %	0,07 ± 0,01
Peroksidni broj / mmol O ₂ /kg Peroxide value / mmol O ₂ /kg	0,75 ± 0,00
Slobodne masne kiseline / % oleinske Free fatty acids / % oleic	0,15 ± 0,02

različitim koncentracijama i s njima, određivane u različitim vremenskim intervalima (od 0 do 120 h), dane su u tablici 2. Dvofaktorskom analizom varijancije utvrđeno je da postoji statistički značajan utjecaj faktora uzorka (vrijeme uzorkovanja) na vrijednost peroksidnog broja kod uzoraka palmira ulja s dodatkom različitih antioksidansa ($p < 0,05$). Faktor vrste antioksidansa pokazao je statistički značajan utjecaj na vrijednosti peroksidnog broja kod uzoraka palmira ulja uz dodatak različitih antioksidansa ($p < 0,05$). Osim navedenog, u svim ispitivanim uzorcima palmira ulja utvrđeno je i statistički značajan utjecaj interakcije faktora ($p < 0,05$). Iz rezultata prikazanih u tablici 2 može se uočiti da je vrijednost peroksidnog broja kod palmira ulja (bez dodatka antioksidansa) rasla od početka pa do kraja obrade što i pokazuju rezultati dobiveni tijekom provedbe testa održivosti pri 63 °C. Nakon 120 h tretmana vrijednost peroksidnog broja kontrolnog uzorka iznosila je 1,87 mmol O₂/kg. Pregledom dobivenih rezultata ispitivanja oksidativne stabilnosti palmira ulja s dodatkom antioksidansa utvrđeno je da su sintetski antioksidansi rezultirali dobrom stabilnosti, dok je BHT najbolje sačuvao palmirno ulje od oksidacije, čija je vrijednost peroksidnog broja na kraju obrade iznosila 1,25 mmol O₂/kg. Kod uzoraka ulja s dodatkom PG i BHA u koncentraciji 0,01 % usporena je oksidacija ulja, a vrijednost peroksidnog broja iznosila je 1,50 mmol O₂/kg nakon 120 h obrade u sušioniku pri temperaturi od 63 °C. Pregledavajući rezultate oksidacijske stabilnosti palmira ulja s dodatkom prirodnih antioksidansa, vidljivo je da je najmanju vrijednost peroksidnog broja imao uzorak s dodatkom ekstrakta smilja. Učinkovitost ekstrakta smilja ogleda se u vrijednosti peroksidnog broja koji je iznosio 1,37 mmol O₂/kg, nakon 120 h obrade. Ekstrakti ružmarina, đumbira, rujevine i eliksira također su iskazali svoja antioksidativna svojstva i stabilizirali palmirno ulje, jer je vrijednost peroksidnog broja bila niža na kraju obrade u odnosu na kontrolni uzorak. Najmanji učinak na stabilnost palmira ulja u usporedbi s drugim dodanim prirodnim antioksidansima imao je uzorak s dodatkom ekstrakta kadulje (0,20 %), čija je vrijednost peroksidnog broja iznosila 2,36 mmol O₂/kg. Ekstrakti kadulje i sikavice (2,63 i 1,99 mmol O₂/kg) jedina su dva prirodna antioksidansa koja su ubrzala oksidativno kvarenje palmira ulja, nakon završene obrade (120 h).

Tablica 2 – Oksidativna stabilnost palmína ulja, bez dodatka antioksidansa i s njim, određena Schaal Oven testom pri 63 °C, izražena vrijednošću peroksidnog broja tijekom pet dana praćenja

Table 2 – Oxidation stability of palm oil, both with and without added antioxidants, determined using Schaal Oven test at 63 °C, expressed by the value of peroxide number over five days of monitoring

Antioksidans Antioxidant	Udio Fraction/%	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
Palmíno ulje Palm oil	–	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,24 ± 0,00 ^{Ab}	1,49 ± 0,00 ^{Abc}	1,62 ± 0,10 ^{Abc}	1,74 ± 0,00 ^{Ac}	1,87 ± 0,10 ^{Ac}
PG	0,01	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,12 ± 0,10 ^{Aab}	1,12 ± 0,10 ^{Aab}	1,36 ± 0,10 ^{Ab}	1,49 ± 0,00 ^{Ab}	1,50 ± 0,00 ^{Ab}
BHT	0,01	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,00 ± 0,00 ^{Aa}	1,00 ± 0,00 ^{Bab}	1,00 ± 0,00 ^{Bab}	1,11 ± 0,10 ^{Bab}	1,25 ± 0,00 ^{Bb}
BHA	0,01	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,00 ± 0,00 ^{Aa}	1,00 ± 0,00 ^{Bab}	1,24 ± 0,00 ^{Ab}	1,47 ± 0,00 ^{Ac}	1,50 ± 0,00 ^{Ac}
Kadulja Sage	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	0,87 ± 0,10 ^{Aa}	1,61 ± 0,10 ^{ACb}	1,74 ± 0,00 ^{ACb}	1,86 ± 0,10 ^{Ab}	2,36 ± 0,10 ^{BCc}
Ružmarin Rosemary	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	0,75 ± 0,00 ^{Ba}	0,99 ± 0,00 ^{Bab}	1,11 ± 0,10 ^{Bab}	1,23 ± 0,00 ^{Bb}	1,49 ± 0,00 ^{Ac}
Đumbir Ginger	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,00 ± 0,00 ^{Aa}	1,49 ± 0,00 ^{Ab}	1,49 ± 0,00 ^{Ab}	1,49 ± 0,00 ^{Ab}	1,60 ± 0,10 ^{Ab}
Rujevina Smoketree	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,11 ± 0,10 ^{Aab}	1,37 ± 0,10 ^{Ab}	1,37 ± 0,10 ^{Ab}	1,49 ± 0,00 ^{Ab}	1,61 ± 0,10 ^{Ab}
Sikavica Milk thistle	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	1,46 ± 0,00 ^{ACb}	1,46 ± 0,00 ^{Ab}	1,72 ± 0,00 ^{ACb}	1,87 ± 0,10 ^{Abc}	1,99 ± 0,00 ^{ACc}
Smilje Immortelle	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	0,86 ± 0,10 ^{Aa}	0,99 ± 0,00 ^{Ba}	1,12 ± 0,10 ^{Bab}	1,24 ± 0,00 ^{Bab}	1,37 ± 0,10 ^{Bb}
Eliksir Elixir	0,20	0,75 ± 0,00 ^{Aa}	0,98 ± 0,00 ^{Aa}	0,98 ± 0,00 ^{Ba}	1,24 ± 0,00 ^{Aa}	1,24 ± 0,00 ^{Bab}	1,50 ± 0,00 ^{Ab}

* A–C Različita velika slova u stupcima označavaju statistički značajne razlike u vrijednostima peroksidnog broja s obzirom na vrstu antioksidansa dodanih palmínom ulju

** a–c Različita mala slova u redovima označavaju statistički značajne razlike u vrijednostima peroksidnog broja u pogledu vremenskog intervala uzorkovanja (0 – 120 h)

S obzirom na to da se palmíno ulje obrađuje u uvjetima koji ubrzavaju kvarenje pri konstantnoj temperaturi od 63 °C tijekom pet dana, bez obzira na dodavanje različitih prirodnih i sintetskih antioksidansa u različitim koncentracijama, ipak je pokazalo vrlo dobru stabilnost. Vrijednost peroksidnog broja bila je ispod vrijednosti propisanih navedenim *pravilnicima*.^{17,18} Povećanje peroksidnog broja s dodatkom kadulje, ružmarina i smilja uočeno je nakon 48 h obrade (1,61 i 0,99 mmol O₂/kg), a nagli porast peroksidnog broja bio je nakon 72 h uz dodatak prirodnih i sintetskih antioksidansa. Ispitivanje održivosti palmína ulja s dodatkom prirodnih antioksidansa pri temperaturi od 63 °C tijekom 96 h provela je *Palameta*⁴ u svojem istraživanju. Spomenuti autor u svojem je istraživanju upotrebljavao prirodne antioksidanse, odnosno ekstrakt ružmarina u kombinaciji s limunskom kiselinom, zatim ekstrakt nara, eteričnog ulja bosiljka kao i druge ekstrakte u različitim koncentracijama. U usporedbi s onim utvrđenim u ovom radu (0,75 mmol O₂/kg), kontrolni uzorak imao je višu peroksidnu vrijednost (0,93 mmol O₂/kg) na početku obrade, kao i nakon 96 h od provođenja testa održivosti pri 63 °C (1,74 mmol O₂/kg; 3,0 mmol O₂/kg). Palmíno ulje s dodatkom ekstrakta ružmarina u kombinaciji s limunskom kiselinom u koncentraciji od 0,01 % imalo je pozitivno djelovanje na stabilnost palmína ulja. Vrijednost peroksidnog broja nakon 96 h provedenih u sušioniku iznosila je 1,25 mmol O₂/kg. Ekstrakt nara nije dobro utjecao na oksidacijsku stabilnost

palmíne masti budući da je vrijednost peroksidnog broja nakon 96 h iznosila 3,45 mmol O₂/kg s dodanom koncentracijom 0,3 % i 4,00 mmol O₂/kg s dodatkom koncentracije 0,1 %. *Pimpa i sur.*²³ istraživali su oksidativnu stabilnost rafiniranog, izbijeljenog i deodoriziranog palmínog oleina s dodatkom antioksidansa u različitim koncentracijama i to BHT, BHA, PG, TBHQ i α -tokoferola tijekom 13 dana pri temperaturi od 65 °C. Kontrolni uzorak, tj. uzorak bez dodanih antioksidansa imao je početni peroksidni broj 0,86 mmol O₂/kg, nakon 120 h 4,74 mmol O₂/kg, a nakon 13 dana odnosno 312 h provedenih na 65 °C vrijednost peroksidnog broja porasla je na 8,56 mmol O₂/kg. Uzorak s dodatkom TBHQ u koncentraciji od 200 ppm utjecao je na stabilnost palmína oleina, jer je vrijednost peroksidnog broja na kraju ispitivanja iznosila 1,85 mmol O₂/kg. Iako su vrijednosti peroksidnog broja uzoraka s dodatkom svih antioksidansa bile ispod vrijednosti kontrolnog uzorka, može se reći da su od svih navedenih antioksidansa upotrijebljenih u navedenom istraživanju najmanje promjene zabilježene kod uzorka s dodatkom α -tokoferola. Iz rezultata istraživanja *Pimpa i sur.*²³ može se zaključiti da je rafinirani, izbijeljeni i deodorizirani palmín olein nestabilan odnosno sklon oksidaciji, te je stoga poželjno dodavati antioksidanse koji će utjecati na oksidaciju da bi ulje očuvalo svoju izvornu kvalitetu. Prema *Uglješiću*,⁸ maslinovo ulje tretirano pri identičnim uvjetima (96 h u termostatu pri temperaturi 63 °C), bez dodatka antioksidansa imalo je

vrijednost peroksidnog broja 3,75 mmol O₂/kg, a pri istim uvjetima tretmana i s dodatkom antioksidansa 10,75 mmol O₂/kg. Od sintetskih antioksidansa najbolja antioksidativna svojstva imao je uzorak masti s dodatkom PG-a, kod kojeg je, nakon 96 h, vrijednost peroksidnog broja iznosila 9,00 mmol O₂/kg, dok je s dodatkom ekstrakta smilja u koncentraciji 0,20 %, ubrzano oksidacijsko kvarenje maslinova ulja čija se vrijednost povećala na 11,00 mmol O₂/kg. Usporedbom navedenih rezultata (Uglješa⁸) s rezultatima u ovom radu može se zaključiti da prirodni i sintetski antioksidansi različito djeluju na različite vrste biljnih ulja i masti. To ponajprije ovisi o sirovini, načinu prerade (rafinirano ili hladno prešano), sastavu masnih kiselina i negliceridnih komponenti u ulju te uvjetima skladištenja. Kod palmína ulja dodatkom ekstrakta smilja (0,20 %) usporeno je kvarenje tj. ulje je imalo bolju održivost u usporedbi s drugim prirodnim ekstraktima. Ispitivanjem utjecaja antioksidansa na oksidativnu stabilnost životinjskih masti (goveđa, ovčja i kozja mast), prema navodima Jusupović¹¹ i Jusupović i sur.,¹² početne vrijednosti kod kontrolnih uzoraka bez dodatka antioksidansa imale su niže vrijednosti (0,49 mmol O₂/kg) u usporedbi s palminim uljem (0,75 mmol O₂/kg). Obradom goveđe masti u sušioniku pri temperaturi od 98 °C vrijednost peroksidnog broja nakon 120 h iznosila je 27,34 mmol O₂/kg, dok je kod palmína ulja vrijednost peroksidnog broja iznosila 1,87 mmol O₂/kg. Kako navode Jusupović¹¹ i Jusupović i sur.,¹² upotrijebljeni sintetski

antioksidansi PG, BHT, BHA dodani u životinjske masti u koncentraciji 0,01 % i prirodni ekstrakti kadulje, đumbira i ružmarina, dodani u koncentraciji 0,20 %, pokazali su odgovarajuća antioksidativna svojstva. Najbolji učinak postigli su i sintetski antioksidansi (PG, BHT, BHA), čija je vrijednost peroksidnog broja u mastima iznosila 0,99 mmol O₂/kg, a od prirodnih antioksidansa ekstrakt kadulje dodan u svim mastima imao je najbolji učinak i vrijednost peroksidnog broja bila je 8,45 mmol O₂/kg.

U tablici 3 prikazani su rezultati određivanja udjela slobodnih masnih kiselina u palminu ulju bez dodatka antioksidansa i s njim, tijekom testa održivosti u sušioniku pri 63 °C do 120 h tretmana. Dvofaktorska analiza varijancije pokazala je da postoji statistički značajan utjecaj faktora uzorka (vrijeme uzorkovanja i vrsta antioksidansa), kao i interakcije faktora na vrijednosti sadržaja slobodnih masnih kiselina kod uzoraka palmína ulja s dodatkom različitih antioksidansa ($p < 0,05$). Udio slobodnih masnih kiselina u kontrolnom uzorku palmína ulja povećavao se tijekom testa održivosti, osim 24 i 48 h kad su utvrđene iste vrijednosti. Udio slobodnih masnih kiselina u kontrolnom uzorku na kraju tretmana, nakon 120 h, iznosio je 0,52 %. Uzorci palmína ulja s dodatkom sintetskih antioksidansa imali su najmanji udio slobodnih masnih kiselina. Najmanji udio slobodnih masnih kiselina zabilježen je kod uzorka s dodatkom PG-a (0,25 %), a najviši s dodatkom BHT-a

Tablica 3 – Prosječne vrijednosti udjela slobodnih masnih kiselina u palminom ulju bez dodatka antioksidansa i s njim, tijekom pet dana praćenja tijekom Schaal Oven testa pri 63 °C

Table 3 – Average values of the free fatty acids content in palm oil, both with and without the addition of antioxidants, over five days of monitoring during the Schaal Oven test at 63 °C

Antioksidans Antioxidant	Udio Fraction, /%	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
Palmino ulje Palm oil	–	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,18 ± 0,00 ^{Aa}	0,18 ± 0,00 ^{Aa}	0,23 ± 0,00 ^{Aab}	0,25 ± 0,00 ^{Aab}	0,52 ± 0,00 ^{Ac}
PG	0,01	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,20 ± 0,00 ^{Aab}	0,25 ± 0,00 ^{Bb}
BHT	0,01	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,24 ± 0,00 ^{Aab}	0,30 ± 0,00 ^{Bb}
BHA	0,01	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,16 ± 0,00 ^{Aa}	0,24 ± 0,00 ^{Aab}	0,28 ± 0,00 ^{Bb}
Kadulja Sage	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,21 ± 0,00 ^{Aa}	0,21 ± 0,00 ^{Aab}	0,25 ± 0,00 ^{Bb}
Ružmarin Rosemary	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,21 ± 0,00 ^{Aab}	0,21 ± 0,00 ^{Aab}	0,27 ± 0,00 ^{Bb}
Đumbir Ginger	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,23 ± 0,00 ^{Ba}
Rujevina Smoketree	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,22 ± 0,00 ^{Aa}	0,22 ± 0,00 ^{Aa}	0,33 ± 0,00 ^{BCb}
Sikavica Milk thistle	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,19 ± 0,00 ^{Aa}	0,22 ± 0,00 ^{Aab}	0,30 ± 0,00 ^{Bb}
Smilje Immortelle	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,19 ± 0,00 ^{Aab}	0,23 ± 0,00 ^{Aab}	0,28 ± 0,00 ^{Bb}
Eliksir Elixir	0,20	0,15 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,17 ± 0,00 ^{Aa}	0,18 ± 0,00 ^{Aa}	0,19 ± 0,00 ^{Aab}	0,28 ± 0,00 ^{Bb}

* A–B Različita velika slova u stupcima označavaju statistički značajne razlike u vrijednostima sadržaja slobodnih masnih kiselina s obzirom na vrstu antioksidansa dodanih palminom ulju

** a–b Različita mala slova u redovima označavaju statistički značajne razlike u vrijednostima sadržaja slobodnih masnih kiselina u odnosu na vremenski interval uzorkovanja (0–120 h)

(0,30 %). Od prirodnih antioksidansa najnižu vrijednost slobodnih masnih kiselina imao je uzorak ulja s dodatkom ekstrakta đumbira (0,23 %), a najviši s dodatkom ekstrakta rujevine (0,33 %). Navedeni rezultati sadržaja slobodnih masnih kiselina pokazuju da su svi dodani prirodni i sintetski antioksidansi imali zadovoljavajuća antioksidativna svojstva i zaštilili palmíno ulje od oksidativnog kvarenja.

Zbog nedostatka rezultata određivanja slobodnih masnih kiselina tijekom testa održivosti palmína ulja, napravljena je usporedba s drugim vrstama ulja i masti. Kad je riječ o slobodnim masnim kiselinama, *Uglješa*⁸ ističe da su početne vrijednosti slobodnih masnih kiselina u uzorku maslinova ulja iznosile 0,17 %, a na kraju ispitivanja nakon 98 h iznosile su 0,45 %. Od prirodnih antioksidansa može se zaključiti da je ekstrakt sikavice ubrzao lipolitičke promjene, jer je vrijednost porasla na 0,78 %, dok je uzorak sa sintetskim antioksidansom BHA također ubrzao navedene promjene, gdje je vrijednost slobodnih masnih kiselina iznosila 0,87 %. Autorica navodi da je ekstrakt smilja, koji je prirodni antioksidans, sačuvao maslinovo ulje od lipolitičkih promjena a iz grupe sintetskih PG-a. Također, uspoređivane su slobodne masne kiseline i životinjske masti (goveđa, ovčja i kozja), pri čemu *Jusupović*¹¹ i *Jusupović i sur.*¹² navode da je sadržaj slobodnih masnih kiselina u kontrolnom uzorku kozje masti iznosio 0,17 %, a nakon 120 h provedenih u sušioniku pri 98 °C vrijednost se povećala na 0,70 %. Početna vrijednost udjela slobodnih masnih kiselina u ovčjoj masti iznosila je 0,11 %, a nakon 120 h testa održivosti vrijednost se povećala na 0,39 %. Uzorak goveđe masti imao je najveću početnu vrijednost udjela slobodnih masnih kiselina od 0,72 % te na kraju tretmana 1,09 %. Iz rezultata navedenog istraživanja može se zaključiti da su svi upotrijebljeni antioksidansi (BHA, BHT, PG, ekstrakt kadulje, ružmarina i đumbira) očuvali stabilnost i kvalitetu ispitivanih životinjskih masti. Od sintetskih antioksidansa najbolji se pokazao PG, dok su isti učinak imali prirodni antioksidansi, tj. uzorci s dodatkom prirodnih antioksidansa imali su značajan udio slobodnih masnih kiselina.

4. Zaključak

Dodavanjem različitih prirodnih i sintetskih antioksidansa u različitim koncentracijama postignuta je odgovarajuća stabilnost i održivost palmína ulja. Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da upotrijebljeni antioksidansi (prirodni i sintetski) povoljno djeluju u pogledu zaštite tj. poboljšanja održivosti palmína ulja unatoč izloženosti visokoj temperaturi (63 °C) u razdoblju od 120 h. Njihovom upotrebom ulje zadržava postojeću kvalitetu. Veću efikasnost zaštite pokazali su sintetski antioksidansi, no uzme li se u obzir njihovo štetno djelovanje na zdravlje, preporuka je izbjegavati ih i pronaći prirodne antioksidanse koji imaju slično antioksidativno djelovanje. Prirodni antioksidansi također su pokazali iznimno dobru aktivnost, naročito ekstrakt smilja i ružmarina, kojima bi trebalo dati prednost u odnosu na sintetičke. Da bi se održala stabilnost i održivost

ulja tijekom čuvanja ili duljeg razdoblja skladištenja, potrebno je dodati antioksidanse tijekom ili nakon procesa proizvodnje.

Popis kratica List of abbreviations

BHA	– butilhidroksianisol – butylhydroxyanisole
BHT	– butilhidroksitoluen – butylhydroxytoluene
PG	– propil galat – propyl gallate
TBHQ	– terc-butilhidrokinon – tert-butylhydroquinone

Literatura References

1. M. M. Urugo, T. A. Teka, P. G. Teshome, T. T. Tringo, Palm oil processing and controversies over its health effect: Overview of positive and negative consequences, *J. Oleo Sci.* **70** (12) (2021) 1693–1706, doi: <https://doi.org/10.5650/jos.ess21160>.
2. S. Čorbo, Tehnologija ulja i masti, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2008.
3. J. M. LeCerf, S. Banni, The palm oil story, facts and figures, European Palm Oil Alliance (EPOA), 2019, URL: <https://palmoilalliance.eu/wp-content/uploads/2019/10/Brochure-Palm-Oil-Story-2019-FINAL.pdf> (22. 1. 2023.).
4. A. Palameta, Utjecaj dodatka antioksidansa na oksidacijsku stabilnost palmíne masti, diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, Hrvatska, 2015.
5. O. I. Mba, M.-J. Dumont, M. Ngadi, Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry – A review, *Food Biosci.* **10** (1) (2015) 26–41, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>.
6. B. S. Lakušić, M. S. Ristić, V. N. Slavkovska, D. Lj. Stojanović, D. V. Lakušić, Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages, *Botanica Serbica* **27** (2) (2013) 127–133.
7. S. P. J. N. Senanayake, Rosemary extract as a natural source of bioactive compounds, *J. Food Bioact.* **2** (2) (2018) 51–57, doi: <https://doi.org/10.31665/JFB.2018.2140>.
8. S. Uglješa, Uticaj antioksidanasa na kvalitet i stabilnost maslinovog ulja, završni rad, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2022.
9. N. Qavami, B. H. Naghdi, M. R. Labbafi, A. Mehrafarin, A review on pharmacological, cultivation and biotechnology aspects of milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.), *J. Med. Plant* **12** (2013) 19–37.
10. D. Gadžo, M. Đikić, Z. Jovović, A. Mijić, Alternativni ratarski usjevi. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2021.
11. A. Jusupović, Uticaj antioksidanasa na kvalitet i oksidacij-

- sku stabilnost animalnih masti, diplomski rad, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2023.
12. A. Jusupović, S. Čorbo, B. Rabrenović, M. Begić, The effect of antioxidants on the quality and oxidative stability of animal fats, *Meso* **25** (3) (2023) 205–218.
 13. ISO 662 – Animal and vegetable fats and oils, Determination of moisture and volatile matter content, Geneve, Switzerland, 2016.
 14. ISO-International standard of animal and vegetable oils and fats 660, Animal and vegetable fats and oils: Determination of acid value and of acidity, Geneve, Switzerland, 2020.
 15. ISO-International standard of animal and vegetable oils and fats 3960, Animal and vegetable fats and oils: Determination of peroxide value, Geneve, Switzerland, 2017.
 16. Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan, PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis, *Palaeontol. Electron.* **4** (1) (2001) 1–9.
 17. Pravilnik o biljnim uljima, jestivim biljnim mastima i majonezama (Službeni glasnik BiH, br. 21/11).
 18. Pravilnik o jestivim uljima i mastima, Narodne novine 11 (2019), URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_11_229.html.
 19. G. F. Ngando-Ebongue, E. A. Mpondo-Mpondo, M. A. Ewane, Some quality parameters of crude palm oil from major markets of Douala, Cameroon, *Afr. J. Food Sci.* **7** (12) (2013) 473–478, doi: <https://doi.org/10.5897/AJFS2013.1014>.
 20. R. MacArthur, E. Teyea, S. Darkwa, Quality and safety evaluation of important parameters in palm oil from major cities in Ghana, *Sci. Afr.* **13** (2021) e00860, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00860>.
 21. A. A. Abd El-Khair, A. A. Abdallah, A. H. Ateteallah, N. A. Hassan, Physical and chemical properties of palm oil and its derivatives compared to butter oil, *J. Sohag Agrisci. (JSAS)* **4** (1) (2019) 73–84, doi: <https://doi.org/10.21608/JSASJ.2019.229230>.
 22. M. D. Paunović, A. M. Demin, S. T. Petrović, M. J. Marković, B. V. Vujasinović, B. B. Rabrenović, Quality parameters of sunflower oil and palm olein during multiple frying, *J. Agric. Sci.* **65** (1) (2020) 61–68, doi: <https://doi.org/10.2298/JAS2001061P>.
 23. B. Pimpa, D. Kanjanasopa, S. Boonlam, Effect of addition of antioxidants on the oxidative stability of refined bleached and deodorized palm olein, *Kasetsart J. Nat. Sci.* **43** (2009) 370–377.

SUMMARY

The Effect of Antioxidants on the Quality and Stability of Palm Oil

Leila Raščić,^{a*} Selma Čorbo,^a Amir Čaušević,^b and Munevera Begić^a

The use of oil palm fruits (*Elaeis guineensis*) for the production of oil dates back several thousand years. At a temperature of 18–20 °C, the oil is in a solid state, which is why it is also referred to as fat. Palm oil has specific chemical composition and physical properties. Processing oil palm fruits yields high-quality oil used in various industries, with the largest application being in the food industry. However, the quality of palm oil is influenced by the method of production, storage, and storage conditions. Storing oils at high temperatures, and exposure to light and oxygen, leads to undesirable changes that impair the quality of the oil or the product containing it. To enhance the oxidative stability of palm oil, specific concentrations of antioxidants, either natural or synthetic, are added. For this research, extracts of rosemary, smoketree, ginger, immortelle, milk thistle, sage, and other medicinal plants were used as natural antioxidants in concentrations of 0.20 %, while butylhydroxyanisole, butylhydroxytoluene, and propyl gallate in concentrations of 0.01 % were used as synthetic antioxidants. Firstly, analyses of moisture content, free fatty acids, and peroxide value were performed on a control sample (without antioxidants). After adding antioxidants to the palm oil, a stability test was conducted in an oven at 63 °C. Samples were taken, and the peroxide value and free fatty acid content were determined every 24 h, up to a maximum of 120 h. The research found that, among the synthetic antioxidants, butylhydroxytoluene provided the greatest contribution to the stability of palm oil, while the other synthetic antioxidants had a similar effect. Among the natural antioxidants, the immortelle extract demonstrated the best effect, while the sage and milk thistle extracts accelerated the oxidative deterioration of palm oil.

Keywords

Palm oil, natural antioxidants, synthetic antioxidants, oxidative stability, fat quality

^aFaculty of Agriculture and Food Science, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

^bInstitute for Public Health FB&H, Ul. Maršala Tita br. 9, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Original scientific paper
Received October 12, 2023
Accepted December 1, 2023