

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Utjecaj prirodnih antioksidanasa na kvalitetu i stabilnost animalnih masti tijekom skladištenja

Selma Feratović^{1}, Selma Čorbo¹, Munevera Begić¹*

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj prirodnih antioksidanasa (ekstrakta zelenog čaja i korijandera) na kvalitetu i stabilnost juneće, ovčje i kozje masti, koje su dobivene suhim postupkom topljenja i čuvane pri različitim uvjetima skladištenja, u hladnjaku (4 °C), u tami (20 °C), te na svjetlu (20 °C). Za ispitivanje kvalitete i stabilnosti navedenih masti dodano je 0,2 % antioksidansa. Udio slobodnih masnih kiselina u baznim uzorcima juneće masti iznosio je 0,67 %, kozje masti 0,77 %, a ovčje masti 0,71 %. Vrijednosti peroksidnog broja baznih uzoraka bile su 0,00 mmol O₂/kg za juneću i ovčju mast, a za kozju 0,50 mmol O₂/kg. Utvrđena vlažnost juneće masti iznosila je 0,27 %, kozje masti 0,18 %, a ovčje 0,29 %. U sklopu ovog istraživanja određen je postotak netopljivih nečistoća, čija je najmanja vrijednost zabilježena u junećoj masti (0,46 %), zatim 0,91 % u ovčjoj masti, a najveća vrijednost u kozjoj masti (1,86 %). Najmanje oksidativne promjene u junećoj masti zabilježene su prilikom čuvanja uzoraka u hladnjaku, gdje su dodani antioksidansi pokazali isto antioksidativno djelovanje, dok su na kraju ispitivanja kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom korijandera imali iste vrijednosti (1,06 %), te su najveće promjene zabilježene u uzorku s dodatkom ekstrakta zelenog čaja (1,48 %) pri istim uvjetima čuvanja. Najveća oksidativna promjena juneće masti zabilježena je u kontrolnom uzorku čuvanom na svjetlu (1,88 mmol O₂/kg), a najveća hidrolitička promjena zabilježena je kod kontrolnog uzorka čuvanog na tamnom mjestu (2,54 %). U uzorcima juneće masti čuvane na svjetlu, dodani prirodni antioksidansi ubrzali su hidrolitičko kvarenje. Najmanje promjene u peroksidnom broju kozje masti zabilježene su u uzorcima čuvanima u hladnjaku, gdje je ekstrakt zelenog čaja pokazao bolja antioksidativna svojstva u odnosu na ekstrakt korijandera, dok su najmanje promjene u sadržaju slobodnih masnih kiselina zabilježene u uzorcima čuvanim u tami, a najveći na svjetlu gdje su dodani antioksidansi čak ubrzavali kvarenje. Hidrolitičke promjene ovčjeg loja najmanje su izražene u uzorcima čuvanim u hladnjaku, gdje su antioksidansi iskazali svoje pozitivno djelovanje.

Ključne riječi: animalne masti, oksidativne promjene, hidrolitičke promjene, prirodni antioksidansi, skladištenje.

¹ Selma Feratović, MA prehrambene tehnologije; dr. sc. Selma Čorbo, redoviti profesor; dr. sc. Munevera Begić, docent; Poljo-privredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zmaja od Bosne 8, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina
* Autor za korespondenciju: selma.mahmutovic@ppf.unsa.ba

Uvod

Animalne masti dobivaju se iz masnog tkiva toplokrvnih životinja. Nakupljeno masno tkivo u životinjskom organizmu zajedno s već formiranim vezivnim i mišićnim tkivom, služi kao biološka rezerva i kao zaštita pojedinih organa u organizmu (Čorbo, 2008.). Animalne masti imaju visok sadržaj zasićenih masnih kiselina, kao što su palmitinska i stearinska, te nizak sadržaj nezasićenih masnih kiselina. Prerađivanje masnog tkiva, odnosno topljenje, a nakon toga predafrinacija i kristalizacija otopljene masti, radi se u cilju dobivanja masti odgovarajućih fizikalnih karakteristika kako bi se dalje mogle koristiti kao dodatak u prehrambenoj industriji (Omanović i sur., 2018.). Hranidba životinja, mjesto uzgoja i klimatski uvjeti utječu na sastav masti i stupanj nezasićenosti, te na čvrstoću, strukturu i sastav juneće masti (Čorbo, 2008.), koju čine triacilgliceroli, diacilgliceroli, slobodne masne kiseline, a u manjim udjelima fosfolipidi, steroli, tokoferoli, karotenoidi i liposolubilni vitamini (najmanje oksidati i sur., 2019.). Kod juneće masti najzastupljenije su mononezasićene masne kiseline (49,15 %), zatim zasićene masne kiseline (46,78 %), te oleinska kiselina (42,81 %) (Banskalieva i sur., 2000.). Konzistencija kozjeg loja je čvršća u odnosu na goveđi loj, što prvenstveno zavisi od građe masnog tkiva. Na kemijski sastav intramuskularne kozje masti utječe težina pri klanju životinje, genotip, mišići, spol, kao i način ishrane (Madruga i Bressan 2011.). U sastavu masnih kiselina kozje masti najzastupljenije su zasićene masne kiseline (53,00 %), mononezasićene masne kiseline (44,50 %), te oleinska masna kiselina (41,00 %) (Banskalieva i sur., 2000.). Kemijski sastav masnog tkiva i topljene ovčje masti prvenstveno zavisi od pasmine, hranidbe životinja i podneblja njihovog uzgoja. Hranidba prirodnom ispašom povećava unos vitamina E u organizam, što pozitivno djeluje na zdravlje životinja, ali i na kvalitetu mesa (Wood i sur., 2005.). U sastavu masnih kiselina ovčje masti dominiraju oleinska (28,70 %), stearinska (22,60 %), te palmitinska kiselina (21,90 %). Za vrijeme skladištenja masnog tkiva odvijaju se autolitički procesi koji utiču na promjenu senzornih i nutritivnih karakteristika. Ovakve promjene na masti proizlaze iz oksidativne užeglosti ili hidrolitičkih reakcija kataliziranim lipazama i hrane ili mikroorganizmima (Flavia i sur., 2014.). Stabilnost masti zavisi od vrste masti, odnosno sastava masnih kiselina, te udjela sastojaka koji pokazuju antioksidativnu aktivnost, kao i od temperature skladištenja, propu-

snosti ambalažnog materijala na vlagu i zrak, te vrsta stočne hrane tijekom ishrane (Moslavac i sur., 2022.). Oksidativno kvarenje masti predstavlja najčešći tip kvarenja koji nastaje djelovanjem kisika iz zraka na nezasićene masne kiseline. Uzrokuje gubitak nutritivnih i senzornih svojstava, kao i stvaranje štetnih produkata koji narušavaju kvalitetu i smanjuju održivost masti. Faktori koji utječu na proces oksidacije su temperatura, svjetlo, sastav masnih kiselina, ioni metala, pigmenti, fosfolipidi i slobodne masne kiseline. Nastali produkti autooksidativnog kvarenja u vrlo malim količinama daju neugodan miris i narušavaju senzorna svojstva (Moslavac i sur., 2019.). Drugi tip kvarenja masti je hidroliza, odnosno razgradnja masti na glicerol i masne kiseline, koja rezultira porastom nakupljanja slobodnih masnih kiselina u masnom tkivu ili masti i koja je izazvana djelovanjem fermenata tkiva, lipaza, vode, temperature i fermenata mikroorganizama (Oluški 1973.). Ovaj tip kvarenja se javlja u masnom tkivu nakon klanja i nastavlja se tijekom njegovog skladištenja. Pored navedenih, postoji i mikrobiološko kvarenje koje prouzrokuju gljivice *Aspergillus*, *Penicillium*, te bakterije *Bacillus mesentericus* i *Bacillus subtilis* (Čorbo, 2008.). Gledano s aspekta nutritivne vrijednosti, poznato je da animalne masti ne sadrže prirodne antioksidanse kao biljne masti i ulja, te ih je neophodno dodavati u odgovarajućim količinama, kako bi se sačuvala stabilnost gotovog proizvoda. Ljekovito bilje s visokim sadržajem eteričnog ulja pogodno je za inkorporiranje u mesne prerađevine s obzirom na njihove antimikrobne aktivnosti. Upotreba ljekovitog bilja u proizvodnji hrane je u porastu, te dobiva sve više mjesta u finalnim formulacijama gotovih prehrambenih proizvoda (Radojković i sur., 2017.). Antioksidansi pomažu u očuvanju hrane odgađajući razvoj užeglosti, propadanje i promjenu boje hrane uzrokovanu oksidacijom lipida (Senanayake, 2013.). S obzirom na to da je upotreba sintetskih antioksidanasa u hrani dovedena u pitanje, te zabranjena u nekoliko zemalja zbog njihovih neželjenih dugoročnih toksikoloških efekata - mutagenih, kancerogenih i teratogenih efekata, interesiranje potrošača za prirodnim antioksidansima je u porastu (Cassidy i sur., 2000.). Ekstrakt zelenog čaja može se koristiti u hrani koja sadrži lipide kako bi se odgodila oksidacija lipida i produžila trajnost različitih prehrambenih proizvoda (Senanayake, 2013.). Ekstrakt sadrži polifenolne komponente s antioksidativnim svojstvima, gdje su

glavne aktivne komponente flavanolni monomeri, katehini (Senanayake 2013.), čije su antioksidativne aktivnosti rezultat neutralizacije slobodnih radikala dušika i kisika, kao i sposobnost heliranja metalnih iona u redoks reakcijama (Musial i sur., 2020.). Eterično ulje i ekstrakt listova korijandera pokazuju inhibitory aktivnost protiv mnogih bakterija i kvasaca i imaju antioksidativno djelovanje zbog visokog sadržaja fenola (Sahib i sur., 2013.).

Materijal i metode

Za potrebe istraživanja korišteni su uzorci junećeg, ovčjeg i kozjeg masnog tkiva, neposredno nakon klanja životinja u klaonici od strane domaćeg uzgajivača s područja BiH, u količini od 1 kg. Za proizvodnju prirodnih antioksidanasa u formi ekstrakata korišteni su uzorci suhog bilja i to: zeleni čaj i korijander, pakovani u rinfuzi u količini od 50 g. Otopljena i djelomično ohlađena mast u tekućem stanju, ravnomjerno je raspoređena u staklene laboratorijske čaše od 250 ml. Nakon djelomičnog hlađenja tj. prije potpunog očvršćivanja masti, uzorci su izvagani i dodani su im antioksidansi u količini 0,2 % na masu, i to u svaki uzorak pojedinačno. Uzorci masti su potpuno ohlađeni na sobnoj temperaturi, i podvrgnuti čuvanju pri različitim uvjetima i to na temperaturi od 4 °C bez svjetla, na temperaturi od 20 °C bez svjetla i na temperaturi od 20 °C na svjetlu. Uzorkovanje se vršilo 0, 5, 10, 20 i 30-tog dana nakon postavljanja eksperimenta. Sva ispitivanja su provedena u tri faze: analize baznih uzoraka animalnih masti, priprema biljnih ekstrakata i ispitivanje održivosti i kvalitete tijekom skladištenja. Na otopljenoj junećoj, ovčjoj i kozjoj masti, određen je sadržaj slobodnih masnih kiselina standardnom titracijskom metodom ISO 660 (2020.), vrijednosti peroksidnog broja metodom po Wheeler-u ISO 3960 (2017.), sadržaj netopljivih nečistoća standardnom metodom ISO 663 (2017.), te sadržaj vlage metodom sušenja ISO 662 (2016.), da bi se utvrdili kvaliteta i stabilnost masti.

Za statističku obradu podataka korišten je program Past 3.15 (Hammer i sur., 2001.) i obuhvaća izračunavanje i prikazivanje srednje vrijednosti i standardne devijacije za sve ispitivane parametre. U cilju utvrđivanja statistički značajnih razlika u vrijednostima početnih parametara između uzoraka animalnih masti primijenjena je jednofaktorijska analiza varijance, te u slučaju utvrđivanja statistički značajnih razlika korišten je Tukey's

post-hoc test (nivo signifikantnosti $\alpha=0,05$). Kako bi se utvrdila statistički značajna razlika u vrijednostima peroksidnog broja i sadržaja slobodnih masnih kiselina pod utjecajem vrste antioksidanasa, vremena uzorkovanja i načina skladištenja primijenjena je dvofaktorska analiza varijance, te u slučaju utvrđivanja statistički značajnih razlika korišten je Tukey test (nivo signifikantnosti $\alpha=0,05$).

Rezultati i diskusija

U tablici 1. prikazani su rezultati ispitivanja baznih uzoraka, gdje se sadržaj slobodnih masnih kiselina kretao u rasponu od 0,67 % do 0,77 %. Najmanji sadržaj slobodnih masnih kiselina utvrđen je kod uzorka juneće masti (0,67 %), a najveći kod uzorka kozje masti (0,77 %). Vrijednosti peroksidnog broja ispitivanih uzoraka kretale su se od 0 mmol O₂/kg (juneća i ovčja mast) do 0,50 mmol O₂/kg (kozja mast). Određivanjem sadržaja vlage, najmanja vrijednost je zabilježena kod kozje (0,18%), a najveća kod ovčje masti (0,29 %). Sadržaj netopljivih nečistoća u ispitivanim uzorcima animalnih masti kretao se u rasponu od 0,46 % (juneća mast) do 1,86 % (kozja mast). Flavia i sur. (2014.) u svom istraživanju su utvrdili sadržaj slobodnih masnih kiselina juneće masti u iznosu od 0,19 %, što je znatno niže od dobivenih rezultata ovog istraživanja gdje je početna vrijednost ovog parametra juneće masti iznosila 0,67 %. Jusupović (2023.) u svom istraživanju za kozju masti navodi početnu vrijednost sadržaja slobodnih masnih kiselina 0,17 %, a za ovčju 0,11 %, što je također znatno manje u odnosu na dobivene rezultate ovog istraživanja. Veću vrijednost peroksidnog broja juneće masti u odnosu na utvrđenu u ovom radu navode Flavia i sur. (2014.) u svom istraživanju, u iznosu od 1,24 mmol O₂/kg. Vrijednost peroksidnog broja kozje masti koju navodi Jusupović (2023.) (0,49 mmol O₂/kg) u svom istraživanju u skladu je s rezultatima ovog rada (0,50 mmol O₂/kg). Muradbašić (2009.) navodi početnu vrijednost peroksidnog broja ovčje masti od 1,49 mmol O₂/kg, dok je Čaušević (2012.) zabilježio da je ovaj parametar za mušku Pramenku iznosio 1,34 mmol O₂/kg, a za žensku Pramenku 1,37 mmol O₂/kg. Sve navedene vrijednosti istraživanja su veće u odnosu na utvrđene rezultate u ovom radu (tablica 1.). Moslavac i sur. (2019.) navode sadržaj vlage u goveđoj masti u iznosu od 0,20 %, što je približno utvrđenom sadržaju vlage u junećoj masti utvrđenoj u našem istraživanju (0,27 %). Muradbašić (2009.) u svom istraživanju

Tablica 1. Prosječne vrijednosti sadržaja slobodnih masnih kiselina, peroksidnog broja, sadržaja vlage i netopljivih nečistoća \pm SD u baznim uzorcima animalnih masti

Table 1 Average values of free fatty acid content, peroxide value, moisture content and insoluble impurities \pm SD in basic animal fat samples

Parametar Parameter	Juneća mast Beef fat	Kozja mast Goat fat	Ovčija mast Sheep fat
SMK (% oleinske) Free fatty acid (% oleic)	0,67 ^a \pm 0,00	0,77 ^a \pm 0,01	0,71 ^a \pm 0,00
Pbr (mmol O ₂ /kg) Peroxide value (mmol O ₂ /kg)	0,00 ^a \pm 0,00	0,50 ^b \pm 0,00	0,00 ^a \pm 0,00
Vlaga (%) Moisture (%)	0,27 ^a \pm 0,07	0,18 ^a \pm 0,01	0,29 ^a \pm 0,01
NN (%) Insoluble impurities (%)	0,46 ^a \pm 0,06	1,86 ^b \pm 0,45	0,91 ^b \pm 0,01

a-b različita mala slova u redovima pokazuju statistički značajne razlike u vrijednostima ispitivanih parametara između različitih uzoraka animalnih masti; (Pbr - peroksidni broj; SMK - slobodne masne kiseline; NN - netopljive nečistoće; SD - standardna devijacija)

a-b different lowercase letters in the rows indicate statistically significant differences in the values of the examined parameters between different animal fat samples; (Pbr - peroxide value; SMK - free fatty acid; NN - insoluble impurities; SD - standard deviation)

utvrdio je sadržaj vlage u ovčjoj masti u prosjeku 8,38 %, dok Čaušević (2012.) navodi postotak vlage za mušku Pramenku 12,15 %, a za žensku 10,38 %. Vrijednosti sadržaja vlage u navedenim istraživanjima su značajno veće u odnosu na utvrđene u našem istraživanju. Sadržaj netopljivih nečistoća utvrđen u uzorku juneće masti (0,46 %) u skladu je s rezultatima koje u svom istraživanju za goveđi loj (0,50 %) navode Moslavac i sur. (2019.). Manji sadržaj netopljivih nečistoća u iznosu od 0,40 % u drugim mastima, kao što je mast jazavca navode Moslavac i sur. (2020.) ili u guščjoj masti (Moslavac i sur., 2022.). Najmanje oksidativne promjene, izražene kroz peroksidni broj, na uzorcima juneće masti zabilježene su u uvjetima hladnjaka, dok su najveće promjene bile na svjetlu. Kod uzoraka ove masti sa i bez dodatka antioksidanasa čuvanih u hladnjaku (4 °C) nije zabilježena promjena peroksidnog broja do desetog dana analiziranja nakon čega je zabilježen blagi porast vrijednosti kod kontrolnog i uzorka s dodatkom ekstrakta korijandera (0,50 mmol O₂/kg), dok je uzorak s dodatkom ekstrakta zelenog čaja pokazivao svoja antioksidativna svojstva (0,38 mmol O₂/kg). Na kraju ispitivanja svi uzorci čuvani na 4 °C imali su iste vrijednosti (0,50 mmol O₂/kg). Kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom ekstrakta korijandera isto su se ponašali kod skladištenja na tami, dok je uzorak s dodatkom ekstrakta zelenog čaja čak do dvadesetog dana zadržao početnu vrijednost (0,00 mmol O₂/kg), koja se do kraja istraživanja izjednačila s ostalim analiziranim uzorcima (1,50 mmol O₂/kg). Kod uzoraka čuvanih na svjetlu antiok-

sidansi su se ponašali identično, a očekivano, najveće promjene su zabilježene kod kontrolnog uzorka. Jusupović (2023.) u svom istraživanju navodi da je vrijednost peroksidnog broja goveđe masti nakon 168 sati provedbe testa održivosti na 98 °C iznosila 19,64 mmol O₂/kg, dok je vrijednost peroksidnog broja u uzorcima s dodatkom ekstrakta đumbira, kao prirodnog antioksidansa, iznosila 11,77 mmol O₂/kg. Ekstrakt đumbira je pokazao najbolja antioksidativna svojstva u usporedbi s ostalim prirodnim antioksidansima, dok je ekstrakt ružmarina u jednom trenutku ubrzao oksidaciju. Navedeni rezultati istraživanja Jusupović (2023.) su značajno veći u usporedbi s rezultatima ovog istraživanja. Flavia i sur. (2014.) navode vrijednost peroksidnog broja trideseti dan skladištenja juneće masti na 2 °C u iznosu od 2,33 mmol O₂/kg, te da je mast bila upotrebljiva do 60. dana istraživanja, nakon čega je vrijednost peroksidnog broja iznosila 4,95 mmol O₂/kg. Kod uzoraka juneće masti skladištene na temperaturi od -18 °C peroksidni broj iznosio je 1,92 mmol/kg trideseti dan ispitivanja, pri čemu je mast bila upotrebljiva do 90. dana kada je vrijednost porasla na 4,87 mmol O₂/kg. Navedene vrijednosti peroksidnog broja su više u usporedbi s rezultatima ovog istraživanja gdje je najviša zabilježena vrijednost peroksidnog broja iznosila 1,88 mmol O₂/kg i to kod kontrolnog uzorka uskladištenog na svjetlu pri temperaturi od 20 °C. Moslavac i sur. (2019.) su u svom istraživanju utvrdili da goveđi loj pokazuje visoku stabilnost prema oksidacijskom kvarenju do 62 sata provedbe testa održivosti na temperaturi od 98 °C, gdje je zabilježe-

na vrijednost peroksidnog broja iznosila 1,51 mmol/kg, dok se kvarenje intenziviralo nakon 120 sati, kada je vrijednost peroksidnog broja goveđe masti izno-

sila 22,63 mmol O₂/kg, što je značajno više od rezultata našeg istraživanja prikazanih u tablici 2. Shodno rezultatima prikazanim u tablici 3., može se

Tablica 2. Prosječne vrijednosti peroksidnog broja juneće masti ± SD u različitim vremenskim intervalima pri različitim uvjetima skladištenja sa i bez dodatka prirodnih antioksidanasa

Table 2 Average values of the peroxide number of beef fat ± SD in different time intervals under different storage conditions with and without the addition of natural antioxidants

Treatment	Uzorci Samples	Udio (%) Share (%)	0 dan 0 day	5 dan 5 day	10 dan 10 day	20 dan 20 day	30 dan 30 day
Hladnjak (4 °C) Fridge (4 °C)	Kontrola Control	-	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,38 ^{Ab} ±0,18	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00
Tama (20 °C) Dark (20 °C)	Kontrola Control	-	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	1,50 ^{Ac} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	1,50 ^{Ac} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Ba} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	1,50 ^{Ac} ±0,00
Svjetlo (20 °C) Light (20 °C)	Kontrola Control	-	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Aab} ±0,00	1,00 ^{Abc} ±0,00	1,50 ^{Ac} ±0,00	1,88 ^{Ad} ±0,18
	Korijander Coriander	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,13 ^{Aa} ±0,18	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,13 ^{Ab} ±0,18	1,75 ^{Ac} ±0,35
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,13 ^{Aa} ±0,18	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,13 ^{Ab} ±0,18	1,75 ^{Ac} ±0,35

***srednje vrijednosti označene različitim malim slovima (a-b) se značajno razlikuju kod svih vremenskih intervala ispitivanja

***srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima (A-B) se značajno razlikuju kod svih vrsta antioksidanasa

***mean values marked with different lowercase letters (a-b) are significantly different at all test time intervals

***mean values marked with different capital letters (A-B) are significantly different for all types of antioxidants

zaključiti da je kvarenje kozje masti bilo najintenzivnije na svjetlu, na temperaturi od 20 °C, dok su najbolje očuvani uzorci čuvani u hladnjaku na temperaturi od 4 °C. U uvjetima hladnjaka, najbolja antioksidativna svojstva pokazao je ekstrakt zelenog čaja, gdje se početna vrijednost peroksidnog broja zadržala do kraja ispitivanja (0,50 mmol O₂/kg). Kod uzoraka čuvanih u tami, kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom ekstrakta korijandera imali su iste vrijednosti, dok se kod uzoraka s dodatkom ekstrakta zelenog čaja oksidativno kvarenje ubrzalo već deseti dan ispitivanja, te je na kraju ovaj uzorak imao najveću oksidativnu promjenu (1,25 mmol O₂/kg). Na svjetlu, bolje antioksidativno djelovanje pokazivao je ekstrakt korijandera, s tim da je na kraju ispitivanja uzorak imao istu vrijednost kao i kontrolni (1,50 mmol O₂/kg), dok je ekstrakt zelenog čaja značajno ubrzavao oksidativno kvarenje (2,13 mmol O₂/kg). Jusupović i sur. (2023.) u svom istraživanju navode da je vrijed-

nost peroksidnog broja kozje masti tijekom testa održivosti na 98 °C bila u porastu, te da je kozja masti pokazala najveću nestabilnost pri testu održivosti u odnosu na ovčju i goveđu mast. Nakon 168 sati testa utvrđena je vrijednost peroksidnog broja u iznosu od 79,21 mmol O₂/kg kod kontrolnog uzorka.

Primjenom ispitivanih prirodnih antioksidanasa u svrhu stabilizacije kozje masti dobiveni su pozitivni rezultati, te je mast efikasno zaštićena od oksidacijskog kvarenja, što je uglavnom suprotno od navedenih rezultata u tablici 3. Naime, primijenjeni antioksidansi su svoje djelovanje pokazali jedino kod uzoraka čuvanih u hladnjaku, a kod ostalih tretmana su se uzorci s dodatkom korijandera ponašali kao kontrolni uzorci, dok je zeleni čaj čak ubrzao oksidacijsko kvarenje kozje masti. Ganić i sur. (2022.) navode da se vrijednost peroksidnog broja "Hercegovačke suhe plahe" kretala u intervalu od 1,53 mmol O₂/kg do 4,65 mmol O₂/kg u ovisnosti od

Tablica 3. Prosječne vrijednosti peroksidnog broja kozje masti \pm SD u različitim vremenskim intervalima pri različitim uvjetima skladištenja sa i bez dodatka prirodnih antioksidanasa**Table 3** Average values of the peroxide value of goat fat \pm SD in different time intervals under different storage conditions with and without the addition of natural antioxidants

Treatment	Uzorci Samples	Udio (%) Share (%)	0 dan 0 day	5 dan 5 day	10 dan 10 day	20 dan 20 day	30 dan 30 day
Hladnjak (4 °C) Fridge (4 °C)	Kontrola Control	-	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,63 ^{Ab} \pm 0,18	1,00 ^{Ab} \pm 0,00	1,00 ^{Ab} \pm 0,00	1,00 ^{Ab} \pm 0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Ba} \pm 0,00	0,75 ^{Aa} \pm 0,35	0,88 ^{Aa} \pm 0,18
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Ba} \pm 0,00	0,50 ^{ABa} \pm 0,00	0,50 ^{ABa} \pm 0,00
Tama (20 °C) Dark (20 °C)	Kontrola Control	-	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,75 ^{Ab} \pm 0,35	1,00 ^{Ab} \pm 0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,88 ^{Ab} \pm 0,18	1,00 ^{Ab} \pm 0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	1,00 ^{Bb} \pm 0,00	1,00 ^{Bb} \pm 0,00	1,25 ^{Bb} \pm 0,35
Svjetlo (20 °C) Light (20 °C)	Kontrola Control	-	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	1,38 ^{Ab} \pm 0,18	1,50 ^{Ab} \pm 0,00	1,50 ^{Ab} \pm 0,00	1,50 ^{Ab} \pm 0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,50 ^{Ba} \pm 0,00	1,00 ^{Bb} \pm 0,00	1,00 ^{Bb} \pm 0,00	1,50 ^{Ac} \pm 0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,50 ^{Aa} \pm 0,00	0,75 ^{Ba} \pm 0,35	1,50 ^{Ab} \pm 0,00	2,00 ^{Cc} \pm 0,00	2,13 ^{Bc} \pm 0,18

***srednje vrijednosti označene različitim malim slovima (a-b) se značajno razlikuju kod svih vremenskih intervala ispitivanja

***srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima (A-B) se značajno razlikuju kod svih vrsta antioksidanasa

***mean values marked with different lowercase letters (a-b) are significantly different at all test time intervals

***mean values marked with different capital letters (A-B) are significantly different for all types of antioxidants

anatomske regije trupa koji se koristio za ispitivanje, što je više u usporedbi s navedenim vrijednostima ovog istraživanja. Najveće vrijednosti peroksidnog broja u pogledu tretmana skladištenja bile su kod kontrolnog uzorka pri skladištenju u hladnjaku (1,00 mmol O₂/kg), pri čuvanju u tami 1,25 mmol O₂/kg (uzorak s dodatkom zelenog čaja) i pri čuvanju na svjetlu najveća vrijednost peroksidnog broja iznosila je 2,13 mmol O₂/kg (uzorak s dodatkom zelenog čaja). Ganić i sur. (2022.) u svom istraživanju navode najnižu vrijednost peroksidnog broja za uzorak s grudnog dijela trupa (1,53 mmol O₂/kg), a najvišu za uzorak vratnog dijela (4,65 mmol O₂/kg). Provedenim istraživanjem vrijednost peroksidnog broja ovčje masti svih ispitivanih uzoraka kretala se u rasponu od 0,00 mmol O₂/kg do 2,00 mmol O₂/kg. Kao i kod ostalih masti, najmanje promjene su zabilježene kod uzoraka čuvanih u hladnjaku, gdje su kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom ekstrakta korijandera imali iste vrijednosti (0,50 mmol O₂/kg), dok je kod uzorka s ekstraktom zelenog čaja oksidativna promjena bila veća (1,00 mmol O₂/kg). Kod uzoraka čuvanih na tami, do dvadesetog dana ispitivanja ekstrakt zelenog čaja je najbolje čuvao mast od

oksidativnih promjena (0,25 mmol O₂/kg), nakon čega su se vrijednosti izjednačile s ostalim uzorcima (1,00 mmol O₂/kg), a zatim na kraju ispitivanja porasle samo kod uzoraka s ovim antioksidansom (1,25 mmol O₂/kg). Ekstrakt zelenog čaja je kod uzoraka čuvanih na svjetlu pokazivao svoje antioksidativno djelovanje sve do dvadesetog dana ispitivanja, nakon čega je početna vrijednost porasla na 0,75 mmol O₂/kg. Na kraju ispitivanja najveće vrijednosti peroksidnog broja zabilježene su kod uzoraka s dodatkom ekstrakta korijandera (2,00 mmol O₂/kg), dok su kontrolni uzorak i uzorak s ekstraktom zelenog čaja imali iste vrijednosti (1,00 mmol O₂/kg). Prema istraživanju Muradbašić (2009.) u prvom mjesecu ispitivanja vrijednost peroksidnog broja masnog tkiva muških Pramenki je iznosila 1,99 mmol O₂/kg, a ženskih 0,99 mmol O₂/kg, što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja, gdje su se trideseti dan ispitivanja vrijednosti kretale od 0,50 do 2,00 mmol O₂/kg. Nakon tri mjeseca čuvanja na temperaturi od -3 do -7 °C došlo je do povećanja vrijednosti peroksidnog broja masnog tkiva muških Pramenki na 4,50 mmol O₂/kg, a ženskih na 4,47 mmol O₂/kg. Prema navodima Unsala i sur. (1995.), vrijednost peroksid-

nog broja za Marakaman ovcu iznosila je 0,50 mmol O₂/kg, što je više od rezultata predstavljenih u tablici 4. iz koje se može uočiti da su početne vrijednosti peroksidnog broja iznosile 0,00 mmol O₂/kg za sve uzorke. Vrijednost peroksidnog broja za masno tkivo ovaca utvrdili su Nour-El-Din i sur. (1984.) koja iznosi 1,48 mmol O₂/kg, dok je u ovom istraživanju jedino kod uzorka s dodatkom korijandera čuvanog na svjetlu 30 dana zabilježena veća vrijednost (2,00 mmol O₂/kg), dok su ostali uzorci imali značajno manje vrijednosti što se može vidjeti u tablici 4.

Sadržaj slobodnih masnih kiselina je parametar koji govori o stupnju hidrolitičke razgradnje masti. Provedenim istraživanjem utvrđeno je da su najbolje očuvani uzorci juneće masti čuvani u hladnjaku, dok su najveće hidrolitičke promjene bile u tami, gdje je najveća vrijednost sadržaja slobodnih masnih kiselina iznosila 2,54 % i to kod kontrolnog uzorka. Svi uzorci čuvani u hladnjaku isto su se ponašali do dvadesetog dana ispitivanja, dok su na kraju kontrolni uzorak i uzorak s ekstraktom korijandera imali iste vrijednosti (1,06 %), a kod uzorka s dodatkom ekstrakta zelenog čaja zabilježena je najveća vrijednost sadržaja slobodnih masnih kiselina (1,48

%). Kod uzoraka čuvanih na svjetlu najmanju vrijednost na kraju ispitivanja imao je kontrolni uzorak (1,13 %), dok je uzorak s dodatkom ekstrakta korijandera imao najveću vrijednost (1,55 %). Flavia i sur. (2014.) navodi da je vrijednost sadržaja slobodnih masnih kiselina juneće masti čuvane na 2 °C trideseti dan iznosila 0,27 %, dok je kod iste masti čuvane na -18 °C iznosila 0,23 %, što je znatno niže od dobivenih vrijednosti u ovom istraživanju gdje su zabilježene visoke početne vrijednosti (0,67 %). Prema navodima Muradbašić (2009.), sadržaj slobodnih masnih kiselina goveđe masti za muški simentalac je iznosio 1,10 %, a za ženski 1,40 %, što je više od početnih vrijednosti ovog parametra analiziranog za juneću mast. Također, isti autor navodi da je sadržaj slobodnih masnih kiselina nakon tri mjeseca čuvanja u hladnjaku bio niži kod oba ispitivana uzorka goveđe masti, a iznosio je 1,00 % za muški i 0,70 % za ženski simentalac, kao i u ovom istraživanju gdje su najbolje očuvani uzorci čuvani u hladnjaku. Hidrolitičke promjene kozje masti čuvane u uvjetima hladnjaka, na kraju ispitivanja najmanje su izražene kod uzorka s dodatkom korijandera (1,69 %), u usporedbi s kontrolnim (1,83 %) i uzorkom s dodatkom ekstrakta zelenog

Tablica 4. Prosječne vrijednosti peroksidnog broja ovčje masti ± SD u različitim vremenskim intervalima pri različitim uvjetima skladištenja sa i bez dodatka prirodnih antioksidanasa

Table 4 Average values of the peroxide value of sheep fat ± SD in different time intervals under different storage conditions with and without the addition of natural antioxidants

Treatment	Uzorci Samples	Udio (%) Share (%)	0 dan 0 day	5 dan 5 day	10 dan 10 day	20 dan 20 day	30 dan 30 day
Hladnjak (4 °C) Fridge (4 °C)	Kontrola Control	-	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Ba} ±0,00	0,00 ^{Ba} ±0,00	0,75 ^{Ab} ±0,35	1,00 ^{Bb} ±0,00
Tama (20 °C) Dark (20 °C)	Kontrola Control	-	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Aab} ±0,00	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,00 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,75 ^{Ab} ±0,35	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,00 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,25 ^{Aa} ±0,35	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,25 ^{Ab} ±0,35
Svjetlo (20 °C) Light (20 °C)	Kontrola Control	-	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,00 ^{Ab} ±0,00	1,00 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	0,50 ^{Ab} ±0,00	1,25 ^{Ac} ±0,35	2,00 ^{Bd} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Aa} ±0,00	0,00 ^{Ba} ±0,00	0,75 ^{Ab} ±0,35	1,00 ^{Ab} ±0,00

***srednje vrijednosti označene različitim malim slovima (a-b) se signifikantno razlikuju kod svih vremenskih intervala ispitivanja

***srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima (A-B) se signifikantno razlikuju kod svih vrsta antioksidanasa

***mean values marked with different lowercase letters (a-b) are significantly different at all test time intervals

***mean values marked with different capital letters (A-B) are significantly different for all types of antioxidants

Tablica 5. Prosječne vrijednosti sadržaja slobodnih masnih kiselina juneće masti \pm SD u različitim vremenskim intervalima pri različitim uvjetima skladištenja sa i bez dodatka prirodnih antioksidanasa**Table 5** Average values of the content of free fatty acids in beef fat \pm SD in different time intervals under different storage conditions with and without the addition of natural antioxidants

Treatment	Uzorci Samples	Udio (%) Share (%)	0 dan 0 day	5 dan 5 day	10 dan 10 day	20 dan 20 day	30 dan 30 day
Hladnjak (4 °C) Fridge (4 °C)	Kontrola Control	-	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	0,92 ^{Ab} \pm 0,30	1,06 ^{Ab} \pm 0,10
	Korijander Coriander	0,2	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	1,06 ^{Ab} \pm 0,10
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	0,85 ^{Aa} \pm 0,00	0,92 ^{Ab} \pm 0,10	1,48 ^{Bc} \pm 0,10
Tama (20 °C) Dark (20 °C)	Kontrola Control	-	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,74 ^{Aa} \pm 0,05	0,78 ^{Aa} \pm 0,10	1,27 ^{Ab} \pm 0,00	2,54 ^{Ac} \pm 0,20
	Korijander Coriander	0,2	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,74 ^{Aa} \pm 0,05	0,78 ^{Aa} \pm 0,10	1,41 ^{Ab} \pm 0,00	2,26 ^{Ac} \pm 0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,71 ^{Aa} \pm 0,00	0,71 ^{Aa} \pm 0,00	1,27 ^{Ab} \pm 0,00	2,26 ^{Ac} \pm 0,20
Svjetlo (20 °C) Light (20 °C)	Kontrola Control	-	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,71 ^{Aa} \pm 0,00	0,71 ^{Aa} \pm 0,00	1,13 ^{Ab} \pm 0,00	1,13 ^{Ab} \pm 0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,71 ^{Aa} \pm 0,00	0,71 ^{Aa} \pm 0,00	1,41 ^{Bb} \pm 0,00	1,55 ^{Bb} \pm 0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,67 ^{Aa} \pm 0,00	0,74 ^{Aa} \pm 0,05	0,74 ^{Aa} \pm 0,05	1,13 ^{Ab} \pm 0,00	1,20 ^{Ab} \pm 0,10

***srednje vrijednosti označene različitim malim slovima (a-b) se značajno razlikuju kod svih vremenskih intervala ispitivanja

***srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima (A-B) se značajno razlikuju kod svih vrsta antioksidanasa

***mean values marked with different lowercase letters (a-b) are significantly different at all test time intervals

***mean values marked with different capital letters (A-B) are significantly different for all types of antioxidants

čaja (2,40 %). Kod čuvanja uzoraka u tami na 20 °C, najmanje promjene su zabilježene kod kontrolnog uzorka, gdje je tek 30. dan došlo do značajnijeg porasta promatranog parametra, dok su kod uzoraka s antioksidansima vrijednosti rasle svakim narednim ispitivanjem, što ukazuje na ubrzane hidrolitičke promjene. Na svjetlu pri 20 °C kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom korijandera su se isto ponašali sve do 20. dana, kada je došlo do većeg porasta sadržaja slobodnih masnih kiselina, dok je zeleni čaj već deseti dan ubrzao hidrolitičke promjene kozje masti u ovim uvjetima čuvanja. Moguće je da su ubrzane hidrolitičke promjene zabilježene zbog toga što su korišteni antioksidansi ekstrakti, koji su napravljeni na bazi vode, koja je jedan od faktora koji ubrzavaju ove reakcije, te bi za očuvanje masti bolja antioksidativna svojstva pokazalo eterično ulje. Najbolje su očuvani uzorci čuvani na tami, dok su najveće promjene zabilježene kod uzoraka čuvanih na svjetlu. Jusupović i sur. (2023.) ističu pozitivne efekte prirodnih i sintetskih antioksidanasa na hidrolitičke promjene, izražene kroz sadržaj slobodnih masnih kiselina. Od prirodnih antioksidanasa, najbolju zaštitu od hidrolitičkih promjena je pokazao ekstrakt

đumbira (0,62 %), a nakon njega ekstrakt kadulje (0,67 %). Ganić i sur. (2022.) navode da su najintenzivnije hidrolitičke promjene hercegovačkog dimljenog kozjeg mesa zabilježene u uzorcima plećke čiji je kiselinjski broj iznosio 20,69 mg KOH/g masti, što je znatno više u usporedbi s rezultatima ovog istraživanja prikazanim u tablici 6.

Promatranjem hidrolitičkih promjena ovčje masti, ustanovljeno je da su se antioksidansi različito ponašali u različitim uvjetima čuvanja. Kod uzoraka čuvanih na 4 °C najmanje hidrolitičke promjene su bile kod uzorka s dodatkom zelenog čaja, gdje je 30. dan sadržaj slobodnih masnih kiselina iznosio 0,99 %. U tami na 20 °C ekstrakti korijandera i zelenog čaja pokazali su isto djelovanje, gdje je 30. dan ispitivanja sadržaj slobodnih masnih kiselina iznosio 1,55 %, a za kontrolni uzorak 1,61 %. Kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom korijandera imali su iste vrijednosti sadržaja slobodnih masnih kiselina (1,30 %) kod čuvanja na svjetlu pri 20 °C, dok je kod uzorka s dodatkom zelenog čaja hidrolitičko kvarenje bilo nešto brže, te je vrijednost 30. dan ispitivanja iznosila 1,48 %. Najbolje su očuvani uzorci čuvani u hladnjaku, dok su najveće hidrolitičke promjene zabilježene

Tablica 6. Prosječne vrijednosti sadržaja slobodnih masnih kiselina kozje masti ± SD u različitim vremenskim intervalima pri različitim uvjetima skladištenja sa i bez dodatka prirodnih antioksidanasa

Table 6 Average values of the content of free fatty acids in goat fat ± SD in different time intervals under different storage conditions with and without the addition of natural antioxidants

Treatment	Uzorci Samples	Udio (%) Share (%)	0 dan 0 day	5 dan 5 day	10 dan 10 day	20 dan 20 day	30 dan 30 day
Hladnjak (4 °C) Fridge (4 °C)	Kontrola Control	-	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,00	0,99 ^{Bb} ±0,20	1,13 ^{Ab} ±0,00	1,83 ^{Ac} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,00	0,78 ^{Ba} ±0,00	1,55 ^{Bb} ±0,00	1,69 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,10	0,85 ^{Ba} ±0,00	1,06 ^{Ab} ±0,10	2,40 ^{Bc} ±0,00
Tama (20 °C) Dark (20 °C)	Kontrola Control	-	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,00	0,78 ^{Aa} ±0,00	0,78 ^{Aa} ±0,10	1,41 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,81 ^{Aa} ±0,05	0,85 ^{Aa} ±0,00	1,27 ^{Bb} ±0,00	1,41 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,10	0,85 ^{Aa} ±0,00	1,41 ^{Bb} ±0,00	1,55 ^{Ab} ±0,00
Svjetlo (20 °C) Light (20 °C)	Kontrola Control	-	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,00	0,78 ^{Aa} ±0,00	1,55 ^{Ab} ±0,00	1,55 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,10	0,78 ^{Aa} ±0,00	1,27 ^{Bb} ±0,00	2,54 ^{Bc} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,77 ^{Aa} ±0,01	0,78 ^{Aa} ±0,00	0,99 ^{Bb} ±0,00	1,48 ^{Ac} ±0,10	2,40 ^{Bd} ±0,00

***srednje vrijednosti označene različitim malim slovima (a-b) se signifikantno razlikuju kod svih vremenskih intervala ispitivanja

***srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima (A-B) se signifikantno razlikuju kod svih vrsta antioksidanasa

***mean values marked with different lowercase letters (a-b) are significantly different at all test time intervals

***mean values marked with different capital letters (A-B) are significantly different for all types of antioxidants

Tablica 7. Prosječne vrijednosti sadržaja slobodnih masnih kiselina ovčje masti ± SD u različitim vremenskim intervalima pri različitim uvjetima skladištenja sa i bez dodatka prirodnih antioksidanasa

Table 7 Average values of the content of free fatty acids in sheep fat ± SD in different time intervals under different storage conditions with and without the addition of natural antioxidants

Treatment	Uzorci Samples	Udio (%) Share (%)	0 dan 0 day	5 dan 5 day	10 dan 10 day	20 dan 20 day	30 dan 30 day
Hladnjak (4 °C) Fridge (4 °C)	Kontrola Control	-	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,99 ^{Aa} ±0,00	1,41 ^{Ab} ±0,00	1,47 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,85 ^{Aa} ±0,00	0,85 ^{Aa} ±0,00	1,27 ^{Ab} ±0,00	1,27 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,85 ^{Aa} ±0,00	0,99 ^{Ba} ±0,00	0,99 ^{Ba} ±0,00
Tama (20 °C) Dark (20 °C)	Kontrola Control	-	0,71 ^{Aa} ±0,00	1,13 ^{Ab} ±0,00	1,24 ^{Ab} ±0,00	1,55 ^{Ab} ±0,00	1,61 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,85 ^{Ba} ±0,00	1,24 ^{Ab} ±0,00	1,41 ^{Ab} ±0,00	1,55 ^{Ab} ±0,00
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,85 ^{Ba} ±0,00	1,35 ^{Ab} ±0,00	1,41 ^{Ab} ±0,00	1,55 ^{Ab} ±0,00
Svjetlo (20 °C) Light (20 °C)	Kontrola Control	-	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,85 ^{Aa} ±0,00	1,20 ^{Ab} ±0,10	1,27 ^{Ab} ±0,00	1,30 ^{Ab} ±0,00
	Korijander Coriander	0,2	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,71 ^{Aa} ±0,00	1,12 ^{Ab} ±0,00	1,27 ^{Ab} ±0,00	1,30 ^{Ab} ±0,05
	Zeleni čaj Green tea	0,2	0,71 ^{Aa} ±0,00	0,99 ^{Aa} ±0,00	1,24 ^{Ab} ±0,00	1,41 ^{Ab} ±0,00	1,48 ^{Ab} ±0,00

***srednje vrijednosti označene različitim malim slovima (a-b) se signifikantno razlikuju kod svih vremenskih intervala ispitivanja

***srednje vrijednosti označene različitim velikim slovima (A-B) se signifikantno razlikuju kod svih vrsta antioksidanasa

***mean values marked with different lowercase letters (a-b) are significantly different at all test time intervals

***mean values marked with different capital letters (A-B) are significantly different for all types of antioxidants

ne kod uzoraka čuvanih u tami na 20 °C. Ünsal i sur. (1995.) navode da je sadržaj slobodnih masnih kiselina za Marakam ovcu 0,10 %, dok je nakon skladištenja od 60 dana u običnom pakovanju sadržaj SMK iznosio 0,27 %, što je značajno manje u usporedbi s dobivenim rezultatima ovog istraživanja. Jusupović (2023.) u svom istraživanju navodi da se protiv hidrolitičkih promjena ovčje masti od prirodnih antioksidanasa najbolje pokazao ekstrakt kadulje (0,37 %), dok je u ovom istraživanju najbolje očuvan uzorak s dodatkom ekstrakta zelenog čaja čuvan u hladnjaku (0,99 %). Ovčja mast je imala optimalniji sadržaj slobodnih masnih kiselina u odnosu na govedu i kozju mast.

Zaključak

Juneća, kozja i ovčja mast najbolje su od oksidativnog kvarenja sačuvane u uvjetima hladnjaka na 4 °C, gdje su zabilježene najmanje promjene. Kod juneće masti dodani antioksidansi su se isto ponašali, dok je kod kozje masti najbolja antioksidativna svojstva pokazivao ekstrakt zelenog čaja, a kod ovčje masti ekstrakt korijandera. Hidrolitičke promjene juneće masti najmanje su izražene kod uzoraka čuvanih u hladnjaku, gdje je ekstrakt kori-

jandera pokazao jače antioksidativno djelovanje u odnosu na ekstrakt zelenog čaja, dok su najveće promjene zabilježene kod uzoraka čuvanih u tami. Najmanje hidrolitičke promjene kozje masti zabilježene su kod uzoraka čuvanih na tami, dok su najveće promjene zabilježene kod uzoraka čuvanih na svjetlu gdje su antioksidansi čak ubrzavali hidrolitičko kvarenje. Moguće da je ubrzavanje hidrolitičkog kvarenja nastalo zbog toga što se ekstrakti biljaka proizvode na bazi vode, koja je jedan od faktora koji ubrzava ovu vrstu kvarenja, te je moguće da bi u ovom slučaju bolja antioksidativna svojstva pokazalo eterično ulje koje samo po sebi ima jače djelovanje od biljnog ekstrakta. Hidrolitičke promjene ovčje masti najmanje su izražene kod uzoraka čuvanih u hladnjaku gdje je ekstrakt zelenog čaja pokazao jako dobra antioksidativna svojstva. Na osnovu dobivenih rezultata, može se konstatirati da primijenjeni prirodni antioksidansi imaju antioksidativno djelovanje i povoljno djeluju s aspekta održivosti kvalitete i očuvanja stabilnosti ispitivanih animalnih masti. Ova ispitivanja mogu dati značajan doprinos u prehrambenoj industriji, naročito kod proizvodnje onih proizvoda kod kojih je neophodna upotreba antioksidanasa.

Literatura

- [1] Banskalieva, V., T. A. Sahlu, A. L. Goetsch (2000): Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Ruminant Research* 37 (3), 255-268. [https://doi.org/10.1016/s0921-4488\(00\)00128-0](https://doi.org/10.1016/s0921-4488(00)00128-0)
- [2] Cassidy, A., B. Hansley, R. M. Lamuela-Raventos (2000): Isoflavones, lignans and stilbenes-origins, metabolism and potential importance to human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 1044-1062. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<1044::AID-JSFA586>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1044::AID-JSFA586>3.0.CO;2-N)
- [3] Čaušević, A. (2012): Uticaj uslova čuvanja na kvalitet masti različitih pasmina janjadi. Magistarski rad. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, BiH.
- [4] Čorbo, S. (2008): Tehnologija ulja i masti. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, BiH.
- [5] Flavia, P., V. Zorica, B. Delia (2014): Effects of temperature and storage time on the quality of alimentary animal fats. *International Food Research Journal* 21(4), 1507-1514.
- [6] Ganić, A., M. Begić, A. Forto, M. Krvavica (2022): Determination of quality parameters of Herzegovinian dry smoked goat meat. *Agriculture & Forestry* 68(1), 115-130. DOI:10.17707/AgricultForest.68.1.06
- [7] Hammer, Ø., D. A. T. Harper, P. D. Ryan (2001): PAST: Paleontological Statistics softwarepackage for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1), 1-9.
- [8] ISO 3960 (2017): Animal andvegetable fats and oils: Determination of peroxide value, Geneve, Switzerland.
- [9] ISO 660 (2020): Animal andvegetable fats and oils: Determination of acid value and of acidity, Geneve, Switzerland.
- [10] ISO 662 (2016): Animal and vegetable fats and oils, Determination of moisture and volatilematter content, Geneve, Switzerland.
- [11] ISO 663 (2017): Animal andvegetable fats and oils: Determination of insoluble impurities content, Geneve, Switzerland.
- [12] Jusupović, A. (2023): Uticaj antioksidanasa na kvalitet i oksidacijsku stabilnost animalnih masti. Završni master rad. Poljoprivredno-pre-

- hrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, BiH.
- [13] **Jusupović, A., S. Čorbo, B. Rabrenović, M. Begić (2023):** The effect of antioxidants on the quality and oxidative stability of animal fats. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu* 25 (3), 205-218. DOI: 10.31727/m.25.3.4
- [14] **Madruga, M. S., M. C. Bressan (2011):** Goat meats: Description, rational use, certification, processing and technological developments. *Small Ruminant Research* 98(1-3), 39-45. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2011.03.015
- [15] **Moslavac, T., S. Jokić, I. Flanjak (2022):** Stabilizacija gušćje masti s antioksidansima i sinergistima. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu* 24 (5), 436-446. <https://doi.org/10.31727/m.24.5.3>
- [16] **Moslavac, T., S. Jokić, D. Šubarić, K. Aladić, A. Konjarević (2020):** Utjecaj dodatka antioksidanasa na oksidacijsku stabilnost masti jazavca. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu* 22(1), 46-55. <https://doi.org/10.31727/m.22.1.4>
- [17] **Moslavac, T., S. Jokić, D. Šubarić, J. Babić, A. Jozinović, Š. Grgić, A. Mrgan (2019):** Utjecaj dodatka antioksidanasa na oksidacijsku stabilnost govedeg loja. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu* 21(1), 52-61. <https://doi.org/10.31727/m.21.1.4>
- [18] **Muradbašić, E. (2009):** Kvalitet i održivost životinjskih masti u različitim uslovima čuvanja. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, BiH.
- [19] **Musial, C., A. Kuban-Jankowska, M. Gorska-Ponikowska (2020):** Beneficial properties of green tea catechins. *International journal of molecular sciences* 21(5), 1744. DOI: 10.3390/ijms21051744
- [20] **Nour-El-Din, H., A. Soliman, F. Ashour, A. Bayoumi (1984):** Chemical composition of pork and mutton in Egypt. *Proc. Eur. Meet. Meat. Res. Work.*, 30 (3-29), 149-151.
- [21] **Oluški, V. (1973):** Prerada mesa. Jugoslovenski institut za tehnologiju mesa, Beograd i Fond za unapređenje proizvodnje i plasmana stoke i stočnih proizvoda. Beograd, Srbija.
- [22] **Omanović, H., M. Brka, S. Škaljić, S. Čorbo, Z. Sarić, S. Muratović (2018):** Osnovi animalne proizvodnje - preživari. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo, BiH.
- [23] **Radojković, M., P. Mašković, S. Đurović, V. Filipović, J. Filipović, M. Vujanović, M. Nićetin (2017):** Tehnološki potencijal lekovitog bilja balkana. XXII Savetovanje o biotehnologiji. Zbornik radova 2, pp. 479-484.
- [24] **Sahib, N. G., F. Anwar, A. H. Gilani, A. A. Hamid, N. Saari, K. M. Alkharfy (2013):** Coriander (*Coriandrum sativum* L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals-A review. *Phytotherapy Research* 27 (10), 1439-1456. <https://doi.org/10.1002/ptr.4897>
- [25] **Senanayake, S. N. (2013):** Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications-A review. *Journal of functional foods* 5 (4), 1529-1541. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.011>
- [26] **Ünsal, M., H. Y. Gökalp, S. Nas (1995):** Basic chemical characteristics of fresh. Non-packed and vacuum-packed sheep-trial and trial fat stored frozen for different periods. *Meat Science* 39 (2), 195-204. DOI: 10.1016/0309-1740(94)p1820-l
- [27] **Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, F. M. Whittington, R. I. Richardson (2005):** Effects of diets on fatty acids and meat quality. *Options Méditerranéennes, Series A, No. 67*, 133-141. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6

Dostavljeno/Received: 31.01.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 20.02.2024.

The influence of natural antioxidants on the quality and stability of animal fats during storage

Abstract

The aim of this research was to examine the influence of natural antioxidants (green tea and coriander extracts) on the quality and stability of beef, sheep and goat fat, which were obtained by a dry melting process and stored under different storage conditions, in the refrigerator (4 °C), in the dark (20 °C), and in the light (20 °C). To test the quality and stability of the mentioned fats, 0.2 % antioxidant was added. The share of free fatty acids in the base samples of beef fat was 0.67 %, goat fat 0.77 %, and sheep fat 0.71 %. The values of the peroxide number of the base samples were 0.00 mmol O₂/kg for beef and sheep fat, and 0.50 mmol O₂/kg for goat fat. The determined moisture content of beef fat was 0.27 %, goat fat 0.18 %, and sheep fat 0.29 %. As part of this research, the percentage of insoluble impurities was determined, the lowest value of which was recorded in beef fat (0.46 %), followed by 0.91 % in sheep fat, and the highest value in goat fat (1.86 %). The lowest oxidative changes in beef fat were recorded when the samples were stored in the refrigerator, where the added antioxidants showed the same antioxidant effect.

ct, while at the end of the test the control sample and the sample with the addition of coriander extract had the same values (1.06 %), and the biggest changes were recorded in the sample with the addition of green tea extract (1.48%) under the same storage conditions. The highest oxidative change in beef fat was recorded in the control sample stored in the light (1.88 mmol O₂/kg), and the highest hydrolytic change was recorded in the control sample stored in the dark (2.54 %). In beef fat samples stored in the light, added natural antioxidants accelerated hydrolytic spoilage. The smallest changes in the peroxide number of goat fat were recorded in the samples stored in the refrigerator, where the green tea extract showed better antioxidant properties compared to the coriander extract, while the smallest changes in the content of free fatty acids were recorded in the samples stored in the dark, and the largest in the light where added antioxidants even accelerated spoilage. The hydrolytic changes of sheep tallow were the least expressed in the samples stored in the refrigerator, where the antioxidants showed their positive effect.

Keywords: animal fats, oxidative changes, hydrolytic changes, natural antioxidants, storage

Der Einfluss von natürlichen Antioxidantien auf die Qualität und Stabilität von tierischen Fetten während der Lagerung

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss natürlicher Antioxidantien (Grüntee- und Korianderextrakte) auf die Qualität und Stabilität von Rinder-, Schaf- und Ziegenfett zu untersuchen, das durch ein Trockenschmelzverfahren gewonnen und unter verschiedenen Lagerungsbedingungen, im Kühlschrank (4 °C), im Dunkeln (20 °C) und im Licht (20 °C), gelagert wurde. Um die Qualität und Stabilität der genannten Fette zu prüfen, wurden 0,2 % Antioxidationsmittel zugesetzt. Der Anteil der freien Fettsäuren in den Ausgangsproben betrug bei Rinderfett 0,67 %, bei Ziegenfett 0,77 % und bei Schaffett 0,71 %. Die Werte der Peroxidzahl der Ausgangsproben betrugen 0,00 mmol O₂/kg für Rinder- und Schaffett und 0,50 mmol O₂/kg für Ziegenfett. Der ermittelte Feuchtigkeitsgehalt von Rinderfett betrug 0,27 %, von Ziegenfett 0,18 % und von Schaffett 0,29 %. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der prozentuale Anteil an unlöslichen Verunreinigungen bestimmt, wobei der niedrigste Wert bei Rinderfett (0,46 %), gefolgt von 0,91 % bei Schaffett und dem höchsten Wert bei Ziegenfett (1,86 %) festgestellt wurde. Die geringsten oxidativen Veränderungen im Rinderfett wurden bei der Lagerung der Proben im Kühlschrank festgestellt, wo die zugesetzten Antioxidantien die gleiche antioxidative Wirkung zeigten, während am Ende des Tests die Kontrollprobe und die Probe mit dem Zusatz von Korianderextrakt die gleichen Werte (1,06 %) aufwiesen und die größten Veränderungen bei der Probe mit dem Zusatz von Grüntee-Extrakt (1,48 %) unter den gleichen Lagerungsbedingungen festgestellt wurden. Die höchste oxidative Veränderung des Rinderfetts wurde bei der im Licht gelagerten Kontrollprobe (1,88 mmol O₂/kg) und die höchste hydrolytische Veränderung bei der im Dunkeln gelagerten Kontrollprobe (2,54 %) festgestellt. Bei den im Licht gelagerten Rinderfettproben beschleunigten die zugesetzten natürlichen Antioxidantien den hydrolytischen Verderb. Die geringsten Veränderungen der Peroxidzahl von Ziegenfett wurden bei den im Kühlschrank gelagerten Proben festgestellt, wo der Grüntee-Extrakt im Vergleich zum Koriander-Extrakt bessere antioxidative Eigenschaften aufwies, während die geringsten Veränderungen des Gehalts an freien Fettsäuren bei den im Dunkeln gelagerten Proben und die größten bei den im Licht gelagerten Proben festgestellt wurden, wo zugesetzte Antioxidantien den Verderb noch beschleunigten. Die hydrolytischen Veränderungen des Schafstalg waren bei den im Kühlschrank gelagerten Proben am geringsten, wo die Antioxidantien ihre positive Wirkung zeigten.

Schlüsselwörter: tierische Fette, oxidative Veränderungen, hydrolytische Veränderungen, natürliche Antioxidantien, Lagerung

La influencia de antioxidantes naturales en la calidad y estabilidad de las grasas animales durante el almacenamiento

Resumen

El objetivo de esta investigación fue examinar la influencia de antioxidantes naturales (extractos de té verde y cilantro) en la calidad y estabilidad de las grasas de res, oveja y cabra, obtenidas mediante un proceso de fusión en seco y almacenadas bajo diferentes condiciones de almacenamiento, en el refrigerador (4 °C), en la oscuridad (20 °C), y a la luz (20 °C). Para probar la calidad y estabilidad de las grasas mencionadas, se añadió un 0,2 % de antioxidante. El porcentaje de ácidos grasos libres en las muestras base de grasa de res fue del 0,67 %, grasa de cabra 0,77 % y grasa de oveja 0,71 %. Los valores del número de peróxidos de las muestras base fueron de 0,00 mmol O₂/kg para la grasa de res y oveja, y 0,50 mmol O₂/kg para la grasa de cabra. El contenido de humedad determinado de la grasa de res fue del 0,27 %, grasa de cabra 0,18 % y grasa de oveja 0,29 %. Como parte de esta investigación, se determinó el porcentaje de impurezas insolubles, siendo el valor más bajo registrado en la grasa de res (0,46 %), seguido de 0,91 % en la grasa de oveja y el valor más alto en la grasa de cabra (1,86 %). Los cambios oxidativos más bajos en la grasa de res se registraron cuando las muestras se almacenaron en el refrigerador, donde los antioxidantes añadidos mostraron el mismo efecto antioxidante, mientras que al final de la prueba, la muestra de control y la muestra con la adición de extracto de cilantro tuvieron los mismos valores (1,06 %), y los cambios más grandes se registraron en la muestra con la adición de extracto de té verde (1,48 %) bajo las mismas condiciones de almacenamiento. El cambio oxidativo más alto en la grasa de res se registró en la muestra de control almacenada a la luz (1,88 mmol O₂/kg), y el cambio hidrolítico más alto se registró en la muestra de control almacenada en la oscuridad (2,54 %). En las muestras de grasa de res almacenadas a la luz, los antioxidantes naturales añadidos aceleraron el deterioro hidrolítico. Los cambios más pequeños en el número de peróxidos de la grasa de cabra se registraron en las muestras almacenadas en el refrigerador, donde el extracto de té verde mostró mejores propiedades antioxidantes en comparación con el extracto de cilantro, mientras que los cambios más pequeños en el contenido de ácidos grasos libres se registraron en las muestras almacenadas en la oscuridad y los más grandes a la luz, donde los antioxidantes añadidos incluso aceleraron el deterioro. Los cambios hidrolíticos de la grasa de oveja fueron menos expresados en las muestras almacenadas en el refrigerador, donde los antioxidantes mostraron su efecto positivo.

Palabras claves: grasas animales, cambios oxidativos, cambios hidrolíticos, antioxidantes naturales, almacenamiento

Impatto degli antiossidanti naturali sulla qualità e la stabilità dei grassi animali durante la conservazione

Riassunto

Questa ricerca si era riproposta di esaminare l'impatto degli antiossidanti naturali (estratto di tè verde e coriandolo) sulla qualità e la stabilità del grasso bovino, ovino e caprino, ottenuti mediante il processo di fusione a secco e conservati in diverse condizioni di stoccaggio, in frigorifero (4 °C), al buio (20 °C) e alla luce (20 °C). Per testare la qualità e la stabilità dei grassi citati è stato aggiunto lo 0,2% di antiossidanti. Nei tre campioni base considerati sono state rilevate le seguenti percentuali di acidi grassi liberi: grasso bovino 0,67%, grasso caprino 0,77% e grasso ovino 0,71%. Circa l'indice di perossido dei campioni base, la ricerca ha evidenziato i seguenti valori: 0,00 mmol O₂/kg per il grasso bovino e ovino e lo 0,50 mmol O₂/kg per il grasso caprino. Per quanto riguarda, invece, il contenuto di umidità, nel grasso bovino è stata registrata una percentuale dello 0,27%, nel grasso caprino dello 0,18% e nel grasso ovino dello 0,29%. Nell'ambito di questa ricerca è stata anche determinata la percentuale di impurità insolubili, il cui

valore più basso è stato registrato nel grasso bovino (0,46%), seguito da quello ovino con lo 0,91% e dal grasso caprino, con il valore più alto (1,86%). Per quanto riguarda le modifiche ossidative, il minore impatto è stato registrato riguardo ai campioni di grasso bovino conservati in frigorifero, dove gli antiossidanti aggiunti hanno mostrato il medesimo effetto antiossidante, mentre alla fine del test il campione di controllo e il campione con l'aggiunta di coriandolo hanno fatto registrare gli stessi valori (1,06%). L'impatto maggiore in termini di mutamenti ossidativi è stato registrato nel campione a cui è stato aggiunto l'estratto di tè verde (1,48%) alle medesime condizioni di conservazione. La modificazione ossidativa più elevata nel grasso bovino è stata registrata nel campione di controllo conservato alla luce (1,88 mmol O₂/kg), mentre la modificazione idrolitica più elevata è stata registrata nel campione di controllo conservato al buio (2,54%). Nei campioni di grasso bovino conservati alla luce, gli antiossidanti naturali aggiunti hanno accelerato il deterioramento idrolitico. Riguardo al numero di perossidi nel grasso caprino, minori modificazioni sono state osservate nei campioni conservati in frigorifero, dove l'estratto di tè verde ha mostrato migliori proprietà antiossidanti rispetto all'estratto di coriandolo, mentre, per quanto riguarda la percentuale di acidi grassi liberi, minori sono state le modificazioni registrate nei campioni conservati al buio e maggiori quelle registrate nei campioni conservati alla luce, dove gli antiossidanti aggiunti hanno addirittura accelerato il deterioramento. Le modificazioni idrolitiche del grasso ovino sono risultate meno significative nei campioni conservati in frigorifero, dove gli antiossidanti hanno mostrato la loro efficacia.

Parole chiave: grassi animali, modificazioni ossidative, modificazioni idrolitiche, antiossidanti naturali, conservazione