

## Modeliranje masnokiselinskog sastava janječega mesa hranidbom

Željka Klir<sup>1</sup>, Z. Antunović<sup>1</sup>, V. Halas<sup>2</sup>, M. Domaćinović<sup>1</sup>, M. Šperanda<sup>1</sup>, J. Novoselec<sup>1</sup>

pregledni rad

### Sažetak

Različita su znanstvena istraživanja pokazala da meso preživača ima povoljan masnokiselinski sastav te omjer  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 ispod 4,0 zbog manjeg udjela linolne i relativno visokog sadržaja  $\omega$ -3 polinezasićenih masnih kiselina, osobito linolenske. Cilj ovoga rada je proučiti istraživanja mogućnosti modeliranja masnokiselinskog sastava janječega mesa hranidbom. Hranidbom janjadi ili njihovih majki prije odbića moguće je modelirati masnokiselinski sastav i njihov omjer u tkivima janjadi. Brojna su istraživanja pokazala da napajanje janjadi na paši povećava sadržaj  $\omega$ -3 masnih kiselina, osobito eikozapentaenske i dokozahexaenske u *m. longissimus thoracis* i u *m. semimembranosus*-u. Dodatak 10% lanenoga ulja u obrocima janjadi značajno je povećao sadržaj linolenske kiseline u *m. longissimus lumborum*-u (do 4,5 puta), dok je dodatak ribljega ulja stimulirao skladištenje međumišićne masnoće plečke, buta i abdomena. Masnokiselinski sastav međumišićne masti potkožnoga masnog tkiva sisajuće janjadi pod utjecajem je sadržaja masnih kiselina u mlijeku majke te ovisi o držanju i hranidbi majke. Jedna od prednosti u hranidbi janjadi je i dodatak izvora linolne kiseline te izvora linolenske kiseline u kombinaciji s ribljim uljem, pri čemu dolazi do značajnog povećanja sadržaja konjugirane linolne kiseline (CLA) u različitim tkivima. Iz navedenih podataka vidljivo je da se hranidbom može modelirati masnokiselinski sastav janječega mesa s ciljem smanjenja sadržaja zasićenih masnih kiselina te povećanja sadržaja polinezasićenih masnih kiselina u masnom i mišićnom tkivu janjadi.

**Cljučne riječi:** hranidba janjadi, janjeće meso, polinezasićene masne kiseline, konjugirana linolna kiselina

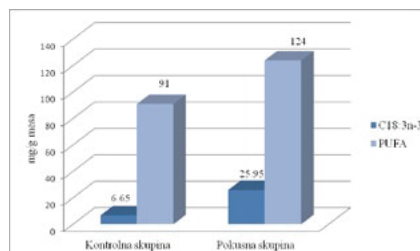
### Uvod

Popularna percepcija masnoća je u povećavanju rizika od niza zdravstvenih problema poput bolesti srca, moždanoga udara, dijabetesa i nekih vrsta tumora. Međutim, masti su vrlo bitne za ljudsko zdravlje. Nutricionisti su sve više usmjereni na povećanje potrošnje važnih omega-3 masnih kiselina, osobito eikozapentaenske (EPA) i dokozahexaenske kiseline (DHA) koje bi mogle imati veliki utjecaj na zdravlje ljudi. Brojna su istraživanja provedena u hranidbi životinja s dodatkom ribljih ulja, koja predstavljaju bogat izvor DHA, s ciljem prijenosa drugih masnih kiselina u meso (Demirel i sur., 2004.a; Ponnampalam i sur., 2001.). Omega-3 su esencijalne masne kiseline, nužne za ljudsko zdravlje, ali ih organizam ne može proizvesti. Omega-3 masne kiseline nalazimo u ribi, kao što su losos, tuna, srdela, skuša, haringa te

rakovima, algama, nekim biljkama i prehrambenim uljima. Zdravstvena korist ovih masnih kiselina očituje se u smanjenju upale i umanjeњу rizika od kroničnih bolesti, poput bolesti srca, raka i artritisa. Omega-3 masne kiseline su visoko koncentrirane u mozgu i stoga su vrlo važne za kognitivne funkcije (University of Maryland, 2009.). Omega-3 masne kiseline smanjuju upalu, a omega-6 masne kiseline imaju tendenciju promoviranja upale. Zbog toga je vrlo važno održavati omjer između omega-6 i omega-3 masnih kiselina u prehrani ljudi. Zbog njihove vitalne uloge u svakoj stanici i sustavima u tijelu, omega-3 masne kiseline nazivaju se "dobarim mastima".

Masnokiselinski sastav mesa preživača varijabilniji je u odnosu na meso nepreživača zbog većeg sadržaja trans masnih kiselina, masnih ki-

selina s neparnim brojem ugljikovih atoma, kiselina s razgranatim lancima i masnih kiselina s konjugiranim dvostrukim vezama. Te su varijacije rezultat djelovanja enzima prisutnih u mikroorganizmima buraga koji razgrađuju biljne strukture i masne kiseline obroka. Prethodna istraživanja sugeriraju da sastav masnih kiselina u mesu preživača može biti pod utjecajem hranidbe (Enser i sur., 1998.). Animalni proizvodi obogaćeni polinezasićenim masnim kiselinama (PUFA) moraju se uzeti u obzir zbog veće osjetljivosti na oksidaciju i neprihvatljivost organoleptičkih svojstava (Vatansever i sur., 2000.). Budući da dovode do kvarenja odnosno neugodnih mirisa i okusa mesa, kod potrošača je smanjena prihvatljivost mesnih proizvoda obogaćenim PUFA. Oksidacija lipida u mesu i mesnim nusproizvodima može se učinkovito kontrolirati s antioksidansima.



Slika 1: Sadržaj masnih kiselina (mg/g mesa) *m. longissimus lumborum*-a janjadi hranjene obrocima s dodatkom 10% lanenog ulja u odnosu na janjad hranjenu obrocima bez dodatka (Gruszecki i sur. 2006.)

Cilji niz istraživanja temelji se na korištenju sintetskih antioksidanata. S druge strane, vitamin E pokazao kao pravo rješenje za to. Stoga hranidba životinja pašom, zbog visokog sadržaja  $\alpha$ -linolenske kiseline i vitamina E, osigurava prihvatljiv način povećanja n-3 nezasićenih masnih kiselina u mesu (Enser i sur., 1998.).

Cilj je istraživanja bio prikupiti i analizirati noviju znanstveno-stručnu literaturu koja obrađuje utjecaj različitih čimbenika na masnokiselinski sastav u janječem mesu s posebnim osvrtom na utjecaj hranidbe.

### Udio masti i sadržaj masnih kiselina u različitim vrstama domaćih životinja

Masne kiseline vrlo su važan izvor energije za mnoge organizme. Višak glukoze u organizmu može biti pohranjen učinkovito u obliku masti. Sve stanične membrane su od fosfolipida, od kojih svaki sadrži dvije masne kiseline. Pri kataboličkim procesima metabolizma masnih kiselina proizvodi se energija i primarni metaboliti iz masnih kiselina, dok se pri anaboličkim stvaraju biološki važne molekule iz masnih kiselina i ostalih hranidbenih izvora ugljika. Trigliceridi predstavljaju skladišni oblik masnih kiselina organizma, a time i vrlo

važan izvor energije. Jedan gram masti oslobađa 9,3 kcal/g (39,1 kJ/g) topline pri izgaranju, u odnosu na 1 g ugljikohidrata, gdje se oslobodi 3,7 kcal/g, odnosno 15,5 kJ/g (Kuller, 1990.). Nadalje, mast smanjuje brzinu prolaza probavljene hrane kroz probavni sustav, što omogućava bolju apsorpciju svih hranjivih tvari.

Masti se klasificiraju kao zasićene (koje ne sadrže dvostruke veze u njihovoj kemijskoj strukturi) i nezasićene (koje sadrže najmanje jednu dvostruku vezu). Zasićene masti manje narušavaju aktivnost mikroorganizama prisutnih u buragu. Uloga mikroorganizama buraga je u pretvorbi ili hidrogenizaciji nezasićenih masti u zasićene.

Tjelesna masnoća preživača može biti sintetizirana iz različitih izvora: glukoze, hlapivih masnih kiselina kao metabolita fermentacije buraga, osobito octene kiseline te iz dugolančanih masnih kiselina.

U nepreživača, glukoza dobivena od ugljikohidrata unesenih hranom glavni je prekursor sinteze lipida (Hanson i Ballard, 1967.). Situacija je drugačija u preživača, u kojih se ugljikohidrati uneseni hranom pretvaraju u razne kratkolančane među-

produkte prije apsorpcije. Dostupna se glukoza sintetizira u jetri i bubrezima preživača, pri čemu ovaj izvor ugljikohidrata sugerira da su proizvodi metabolizma buraga, kao što su acetat i butirat, glavni prekursori za lipogenezu u ovih životinja (Hanson i Ballard, 1967.).

Velika je razlika između preživača i nepreživača u sadržaju polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u adipoznom i mišićnom tkivu. U svinja i peradi se sadržaj masnih kiselina uvelike mijenja probavom te se one direktno ugrađuju u adipozno tkivo. U preživača se konzumacijom krme masne kiseline hidrogeniziraju djelovanjem buražnih mikroorganizama te se razgrađene apsorbiraju za potrebe organizma. Ova mikroba aktivnost općenito rezultira niskom razinom (10% ili manje) PUFA dostupnima za apsorpciju u organizam nakon prolaska kroz tkivo buraga. Međutim, u tankom crijevu masne kiseline mogu biti apsorbirane kao monogliceridi i slobodne masne kiseline. Bez bilo kakve promjene, ove masne kiseline mogu biti upotrijebljene za sintezu masnoga tkiva u ovaca.

U preživača se nakon konzumacije biljne krme, većina lipida hidrolizira putem mikrobnih lipaza, što uzrokuje oslobađanje masnih kiselina. Bakterija *Anerovibrio lipolytica*, koja je najpoznatija po aktivnosti lipaze, proizvodi esterase i lipaze. Ova lipaza hidrolizira acilglicerole potpuno do masnih kiselina i glicerola. Glicerol brzo fermentira, stvarajući propionsku kiselinu kao jedan od glavnih krajnjih proizvoda.

Nezasićene masne kiseline imaju relativno kratak poluživot u buragu budući da se brzo hidrogeniziraju, pomoću mikroorganizama, u više zasićene krajnje proizvode. Početni je korak u biohidrogenizaciji reakcija izomerizacije koja pretvara *cis*-12 dvostruku vezu, nezasićenih masnih

<sup>1</sup> Željka Klir, mag. ing. agr., dr. sc. Zvonko Antunović, red. prof., dr. sc. Matija Domaćinović, red. prof., dr. sc. Marcela Šperanda, red. prof., Josip Novoselec, dipl. ing. - Zavod za stočarstvo, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Tis. Sv. Trojstva 3, HR-31 000 Osijek, email: antunovic@pfps.hr

<sup>2</sup> Ph.D. Veronica Halas - University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, Department of Animal Nutrition, P. O. Box 16, H-7400 Kaposvár, Hungary

kiselina, u *trans* izomer-11. Razina do koje je *trans*-11 u C18:1 hidrogenizirana do C18:0 ovisiti će o uvjetima u buragu. Na primjer, potpuna hidrogenacija linolne do stearinske kiseline promovirana je prisutnošću slobodne tekućine buraga i česticama hrane, ali je nepovratno inhibirana velikom količinom linolne kiseline.

Višestruko nezasićene masne kiseline nastaju uzastopnim desaturacijama i reakcijama elongacije. Položaj sljedeće desaturacije dobrim dijelom ovisi o organizmu. Animalni enzimi umeću nove *cis*-dvostruke veze prema karboksilnoj skupini (sisavci raspolažu sa  $\Delta 9$ -,  $\Delta 6$ -,  $\Delta 5$ - i  $\Delta 4$ -desaturazama, a minimalna dužina ugljikovodičnog lanca je 16-18), ali nikada iz C-9. Osim toga, biljni i gljivični enzimi imaju tendenciju umetanja dodatnih *cis*-dvostrukih veza između već postojećih dvostrukih veza i metil terminalnih skupina ( $\Delta 12$ - i  $\Delta 15$  desaturaze). Prema tome, oleinska kiselina se dalje desaturira do oktadeka-6,9-dienočne kiseline ( $\Delta 6$ -desaturase) u sisavaca, ali u biljaka i gljiva u oktadeka-9,12-dienočne (linolna) kiseline ( $\Delta 12$ -desaturaze, plastidne oleat-desaturaze), i dalje do linolenske ( $\alpha$ -linolenska) kiseline, oktadeka-9,12,15-trienočne kiseline ( $\Delta 15$ -desaturaze, plastidne linoleat desaturaze). Nemogućnost desaturacije, životinjskog sustava, prema metilnom kraju bliže od C-9 onemogućuje pretvorbu palmitinske u linolnu ili  $\alpha$ -linolensku kiselinu. U skladu s tim, linolna i  $\alpha$ -linolenska kiselina nazivaju se esencijalnim masnim kiselinama jer ne mogu biti sintetizirane *de novo* i mogu se dobiti jedino iz biljnih krmiva u hranidbi.

Wood i Enser (1997.) istražili su sastav masti u kotleima slabinskog dijela trupa, u goveda, janjadi i svinja. Rezultati su pokazali da meso (mišići) sadrži mali udio masnoće u sve tri vrste životinja (20-50g/kg), osobito u svinja. Dok je udio masti u govedim kotleima iznosio 156 g/kg, u janje-

Tablica 1. Utjecaj hranidbe na sadržaj masnih kiselina MLD- $\alpha$  janjadi (Rowe i sur., 1999.)

Masne kiseline	Paša	Krmna smjesa	Značajnost
C18:0 stearinska	30,11±0,42	23,51±0,36	p<0,01
C18:1 $\omega$ 9 oleinska	30,73±0,40	38,21±0,44	p<0,01
C18:2 $\omega$ 6 linolna	2,63±0,14	3,85±0,13	p<0,01
C18:3 $\omega$ 3 $\alpha$ -linolenska	1,14±0,04	0,20±0,02	p<0,01
C20:4 $\omega$ 6 arahidonska	0,32±0,05	0,21±0,03	p<0,01
SFA <sup>a</sup>	55,07±0,43	49,36±0,54	p<0,01
MUFA <sup>b</sup>	31,37±0,35	40,68±0,49	p<0,01
PUFA <sup>c</sup>	5,36±0,40	4,74±0,40	NZ
P/S <sup>d</sup>	0,10	0,10	NZ

<sup>a</sup>zasićene m.k.; <sup>b</sup>mononezasićene m.k.; <sup>c</sup>polinezasićene m.k.; <sup>d</sup>omjer polinezasićenih i zasićenih m.k.; NZ nije značajno

ćim 302 g/kg, a u svinjskim 211 g/kg. Dokazana je jasna razlika između vrsta domaćih životinja u sastavu masnih kiselina od ukupnih lipida mesa. Govedina i janjetina imaju nizak omjer između polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina (P:S) u usporedbi sa svinjetinom, osobito zbog visokog sadržaja linolne kiseline u svinjetini. Međutim, ovo je također i razlog povoljnijeg omjera n-6:n-3 masnih kiselina u govedini i janjetini. Preporučena vrijednost za omjer između polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina iznosi do 0,45, a ispod 4,0 za omjer između n-6:n-3 masnih kiselina (Wood i Enser, 1997.). Na temelju ovih rezultata, novija znanstvena istraživanja imaju za cilj pronaći učinkovite načine povećanja omjera P:S u mesu preživača i ispraviti neravnotežu između n-6 i n-3 masnih kiselina u svinjskom, a također i u mesu peradi.

Ukupni sadržaj masnih kiselina *m. longissimus*-a, bio je najviši u janjetini, a najmanji u svinjetini. Najveća razlika u sastavu masnih kiselina bilja je u slučaju većega udjela linolne kiseline, C18:2, u svinjetini, uzrokujući veći P:S omjer. Ovakav rezultat posljedica je hranidbe obrocima temeljenim na žitaricama s visokim udjelom C18:2, što dovodi do nepoželjno visokoga omjera n-6:n-3. Meso preživača imalo je povoljniji omjer n-6:n-3, s

obzirom na manji udio linolne kiseline u odnosu na svinjetinu i relativno visoke razine n-3 PUFA, osobito linolenske kiseline, C18:3. Istraživanja su također pokazala da je udio dugolančanih (C20-C22) n-3 PUFA nizak, ali značajan u potkožnoj masti svinjetine, zbog relativno većeg taloženja dugolančanih derivata C18:3 u neutralnim lipidima (triacilgliceroli). U govedini i janjetini nisu utvrđeni ovakvi rezultati. U mišićnom i adipoznom tkivu preživača PUFA su ograničene gotovo isključivo na fosfolipidne frakcije. Relativni je udio C18:2 u fosfolipidima *m. longissimus*-a bio 12 puta veći od onoga u neutralnim lipidima u junadi i 3 puta veći u svinja. Razlike u tipovima mišićnih vlakana između mišića odražavaju se razlikama u sadržaju masnih kiselina. Dakle, "crveni" mišići imaju veći udio fosfolipida u odnosu na "bijele" mišiće i time veći sadržaj PUFA. Istraživanja provedena s mesom peradi pokazala su sličnosti sa sadržajem masnih kiselina svinjetine, koja se sastoji od relativno nezasićenih masnih kiselina, iako je udio linolne kiseline u piletini viši (Enser, 1999.).

#### Hranidba voluminoznom i koncentriranom krmom

Demirel i sur. (2006.) proveli su istraživanje utjecaja hranidbe janjadi Kivircik i Sakiz pasmine na masnokiselinski sastav *m. longissimus*

Tablica 2. Masnokiselinski sastav (%) buta janjadi hranjenih obrocima obogaćenim konjugiranim linolnom kiselinom i uljem šafranike (Mir i sur., 2000.)

Masne kiseline	Vrsta obroka				Značajnost	
	Kontrolna (K)	CLA	Ulje šafranike (S)	SE	K/CLA	K/S
16:0	27,5	29,3	29,7	0,45	NZ	NZ
18:0	14,7	12,5	16,9	0,47	NZ	NZ
18:1	47,9	48,2	39,7	0,62	NZ	p<0,001
18:2	8,6	8,6	12,4	0,49	NZ	p<0,001
18:3	1,1	1,3	1,7	0,06	NZ	p<0,001

NZ-nije značajno; SE-standardna pogreška

*thoracis*-a. Rezultati su pokazali da je sadržaj stearinske masne kiseline (C18:0) *m. longissimus thoracis*-a bio viši u janjadi hranjene sijenom u odnosu na janjad hranjenu koncentriranom krmom. Bas i Morand-Fehr (2000.) izvjestili su kako obrok bez voluminoznih krmiva sadrži najviši relativni udio oleinske masne kiseline (C18:1n-9). Sadržaj n-3 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) bio je viši u mesu janjadi hranjenih obrocima koji se temeljio na sijenju. U janjadi hranjene takvim obrocima uočen je visok sadržaj linolenske kiseline (C18:3n-3) u *m. longissimus thoracis*-u koji je rezultat visokog sadržaja iste masne kiseline u sijenju (Demirel i sur., 2006.). U istom je istraživanju udio eikozapentaenske (EPA, C20:5n-3), dokozaheptaenske (DPA, C22:5n-3) i dokozaheptaenske (DHA, C22:6n-3) masne kiseline *m. longissimus thoracis*-a bio je 2,5 puta veći u janjadi hranjene sijenom. U istraživanju Fisher-a i sur. (2000.) s janjadi Soay pasmine hranjene pašom u *m. semimembranosus*-u utvrđena je najveća koncentracija EPA (29 mg). Slično udjelu EPA, sadržaj DHA u janjadi hranjene sijenom bio je 2,5 puta viši u odnosu na janjad hranjenu koncentriranom krmom. Meso Soay janjadi također je imalo viši sadržaj C18:3n-3 kao i drugih n-3 PUFA, iako je imalo najniži ukupni masnokiselinski sadržaj (1668 mg/100 g) *m. semimembranosus*-a. Sadržaj linolne (C18:2n-6) i arahidonske (C20:4n-6) masne kiseline *m. longissimus thoracis*-a u janjadi hranjene koncentratima bio je viši u odnosu na janjad

hranjenu sijenom (Demirel i sur., 2006.). Navedeni autori ističu da je razlog tome visoka koncentracija navedenih masnih kiselina u sijenju žitarica.

Hranidba janjadi utječe na relativni udio polinezasićenih masnih kiselina fosfolipida *m. longissimus lumborum*-a i *m. semimembranosus*-a (Popova, 2007.). U istraživanju Popova-e (2007.) utvrđen je viši sadržaj linolenske, a manji linolne masne kiseline u fosfolipidima *m. longissimus lumborum*-a i *m. semimembranosus*-a janjadi hranjene na paši. Relativni sadržaj EPA i DHA bio je značajno viši (p<0,001) u odnosu na janjad hranjenu koncentriranom krmom. Zbog toga se omjer PUFA (n-6)/PUFA (n-3) u janjadi na ispaši smanjio za 50% (p<0,01) u fosfolipidima *m. longissimus lumborum*-a i 59% (p<0,01) u *m. semimembranosus*-u. Niži je omjer n-6:n-3 utvrđen u mišićima janjadi hranjene pašom, što je poželjno za zdravlje ljudi. Veći udio C18:3 u oba mišića janjadi na ispaši, pokazuje da unatoč učinku hidrogenacije mikroorganizama buraga, dio linolenske kiseline potječe iz trava koje su izbjegle saturaciju (Popova, 2007.).

Kvaliteta krme vrlo je važna u smislu modeliranja masnokiselinskog sastava janječeg mesa. U tom je pogledu masnokiselinski sastav obroka glavna odrednica. Utvrđeno je da se sadržaj  $\alpha$ -linolenske kiseline u zelenoj krmi razlikuje po brojinim čimbenicima, uključujući vrstu krme, vrijeme košnje, starost te metode gnojid-

be i zaštite biljnih vrsta (Dewhurst i sur. 2001.). Prema Clapham-u i sur. (2005.) masnokiselinski sastav varira između različitih trava, mahunarki i zeljanica, dok je  $\alpha$ -linolenska kiselina u svih vrsta dominantna te se uz ukupni sadržaj masnih kiselina smanjuje tijekom sazrijevanja biljke. Klem i sur. (2006.) proveli su istraživanje utjecaja vremena košnje na udio ukupnih lipida i  $\alpha$ -linolenske kiseline u biljnih vrsta kao što su crvena i bijela djetelina, trputac, stoltnik, maslačak. Isti su autori zaključili da je sadržaj lipida i  $\alpha$ -linolenske kiseline biljaka bio viši u rujnu, nego u lipnju te su pretpostavili da je taj rezultat odraz različitog omjera između listova i stabljike istraživanih biljnih vrsta. Prevencija ili smanjenje biohidrogenacije za vrijeme hranidbe predstavlja izazov budući da su fibrolitičke bakterije moćni biohidrogenizatori. Jedno je od rješenja konzumacija tzv. "stay green" trava koje imaju manjak enzima koji sudjeluju u razgradnji klorofila te se suprotstavljaju lipidnoj degradaciji tijekom starenja lista (Harwood i sur., 1982.). Stoga konzumacija ovih trava u ovaca može dovesti do povećanog sadržaja ukupnih masnih kiselina i konjugirane linolne kiseline u usporedbi s konvencionalnim travama (Traill i sur., 2008.).

Ray i sur. (1975.) istražili su različite količine kukuruza i lucerne (0 do 100% s povećanjem od 5%) u hranidbi janjadi. Utvrđene su promjene u sadržaju masnih kiselina deponirane masti janjadi. Povećanje razine kukuruza u obroku dovelo je do višeg sadržaja palmitinske (C16:0) i linolne (C18:2n-6) kiseline, dok se sadržaj stearinske (C18:0) kiseline smanjio. Također se udio oleinske (C18:1) kiseline povećavao, a  $\alpha$ -linolenske (C18:3n-3) smanjivao s povećanjem razine kukuruza u obroku. Jenkins (1992.) je utvrdio da prisutnost velikih količina C18:2 u hranidbi janjadi može spriječiti potpunu hidrogenaciju C18:1 do C18:0. To može obja-

sniti porast oleinske kiseline (C18:1) u mišića janjadi hranjene koncentratima. Clarke i sur. (1977.) su u istraživanjima s janjadi usporedili različite kompozicije obroka. Janjad je hranjena obrocima temeljenima na ječmu i peletama lucerne s ili bez 3,4% dodanog ulja kukuruza. Autori su zapazili da obroci temeljeni na ječmu u hranidbi janjadi povećavaju sadržaj C18:2n-6 i smanjuju C18:0 kiselinu u potkožnoj masti. Dodatak ulja kukuruza u hranidbi janjadi dobio je povećao udio linolne kiseline, a smanjio udio stearinske, dok dodatak ulja peletama lucerne nije promijenio sadržaj masnih kiselina. Navedeno pokazuje da hranidba koncentriranom krmom smanjuje bihidrogenaciju u buragu i povećava nakupljanje nezasićenih masnih kiselina u tkivima.

Solomon i sur. (1991.) istražili su utjecaj hranidbe janjadi s obrocima sačme uljane repice, cjelovitog brašna uljane repice i soje na masnokiselinski sastav mišićnoga i masnoga tkiva. *M. longissimus dorsi* (MLD), *m. semimembranosus* i *m. triceps brachii* janjadi koja je hranjena s obrocima sačme uljane repice imali su viši sadržaj palmitinske, a manji stearinske masne kiseline, u odnosu na mišiće janjadi drugih skupina. St. John i sur. (1987.) istražili su hranidbu junica s obrocima temeljenima na kukuruzu, uz 20% uljane repice, u razdoblju od 100 dana i ustanovili da je dodatak uljane repice smanjio udio palmitinske (C16:0) masne kiseline u mišićnom tkivu za 10%. U istraživanju Solomona i sur. (1991.) je također zabilježeno opadanje sadržaja C16:0 u MLD-u za 9%, pri hranidbi janjadi sa 6,5% sačme uljane repice u obroku. U istraživanju Solomona-a i sur. (1991.) nisu utvrđeni značajni rezultati utjecaja hranidbe na sadržaj zasićenih (SFA), mononezasićenih (MUFA) te polinezasićenih (PUFA) masnih kiselina u istraženim uzorcima mišića. Slični rezultati dobive-

ni su u istraživanju St. John-a i sur. (1987.) uz opadanje sadržaja SFA prilikom hranidbe junica obrocima s 20% uljane repice.

U istraživanju Scerra-e i sur. (2007.) odabrane su dvije skupine gravidnih ovaca pasmine Talijanski Merino. Prva je skupina ovaca boravila na pašnjaku dok je druga skupina ovaca držana u staji, hranjena sijenom *ad libitum* i koncentriranom krmom. Objе skupine janjadi u osnovi hranjene majčinim mlijekom. U istom je istraživanju sadržaj mononezasićenih masnih kiselina (MUFA), kao što su palmitoleinska (C16:1 *cis*-9) i oleinska (C18:1 *cis*-9) bio viši u međumišićne masti janjadi čije su majke hranjene koncentriranom krmom. Sadržaj linolne (C18:2n-6) i arahidonske (C20:4) kiseline *m. longissimus lumborum*-a janjadi nije značajno varirao ovisno o hranidbi ovaca. Ovi su rezultati u suprotnosti s drugim pokusima provedenima s janjadi čije su majke hranjene pašom ili s visokim udjelom travne silaže u obroku (Valvo i sur., 2005; Velasco i sur., 2001. i 2004.; Rowe i sur., 1999.). Scerra i sur. (2007.) su utvrdili značajan učinak hranidbe samo na sadržaj linolenske kiseline (C18:3n-3) u *m. longissimus lumborum*-u janjadi, pri čemu nije utvrđen utjecaj na linolnu i arahidonsku kiselinu (C20:4n-6). U janjadi čije su majke hranjene pašom, dva puta se povećao sadržaj linolenske kiseline u mesu u odnosu na janjad čije su majke hranjene koncentriranom krmom.

Sadržaj linolenske kiseline u mliječnoj masti bio je gotovo dvostruko viši u mlijeku ovaca koje su boravile na pašnjaku. Visoki sadržaj linolenske kiseline prvenstveno je prisutan u mladim livadnih pašnjaka (Chillard i sur., 2001.). Sadržaj eikosapentaenske (C22:5n-3, EPA) i dokosapentaenske (C22:5n-3, DPA) kiseline bio je viši u intramuskularnoj masti janjadi čije su majke napasivane na pašnjacima u odnosu na janjad čije su majke

hranjene koncentriranom krmom. Stoga je intramuskularna mast janjadi čije su majke hranjene pašom bogatija s n-3 polinezasićenim masnim kiselinama (PUFA). Sadržaj PUFA te omjer PUFA:SFA bio je viši u janjadi čije su majke boravile na pašnjacima, dok je sadržaj zasićenih masnih kiselina (SFA) bio viši u janjadi čije su majke hranjene koncentratima.

Sadržaj masnih kiselina različitih izvora masnoća također varira ovisno o duljini laktacije i konzumiranoj hrani. Stoga, masnokiselinski sastav masnoće sisajuće janjadi ovisi, prvenstveno o masnokiselinskom sastavu majčinog mlijeka koji može biti izmijenjen dodacima u hranidbi (Velasco i sur., 2001.). Energetske potrebe pri hranidbi životinja na ispaši najčešće se balansiraju žitaricama (cjela biljka), što povećava unos i probaljivnost paše, koja sadrži visoki udio C18:3, pretečući omega-3 masnih kiselina (Rhee, 1992.). Kompozicija obroka utječe na model fermentacije buraga, stoga obroci bogati koncentriranom krmom uzrokuju opadanje omjera octene/propionske kiseline u buragu (Velasco i sur., 2004.). Berthelot i sur. (2001.) potvrdili su ulogu propionske kiseline kao važnu preteču masnih kiselina s neparnim brojem ugljikovih atoma.

Modeliranje masnokiselinskog sastava obroka s ciljem smanjenja zasićenih i/ili povećanja polinezasićenih masnih kiselina u tkivima preživača puno je teže provedivo nego u nepreživača. Utjecaj hranidbe na masnokiselinski sastav mišićnoga i masnoga tkiva preživača utvrđen je na uzorcima *m. longissimus dorsi*-a (dugi leđni mišić-MLD) janjadi u istraživanju Rowe-a i sur. (1999.). Navedeni su autori istražili utjecaj dva načina tova, pašni i tov koncentratima, na kemijski sastav mesa janjadi. Janjad tovljena na ispaši imala je viši sadržaj zasićenih dugolaničnih masnih kiselina, u obliku stearinske i arahidonske (C20:0) kiseline te  $\alpha$ -linolenske

(C18:3n-3),  $\gamma$ -linolenske (C18:3n-6) i arahidonske (C20:4n-6), ali niži sadržaj oleinske i linolne (C18:2n-6) kiseline (Tablica 1). Ovi podatci predstavljuju vrlo važan čimbenik s aspekta hranidbe.

Kada prestane hranidba pašom, bogatom omega-3 masnim kiselinama, i janjad bude premještena u tovilišta, gdje su obroci temeljeni na žitaricama koje su siromašne navedenim masnim kiselinama, janjad počinje gubiti zalihe ovih korisnih masnoća. Svakim danom kojim janjad provede u tovilištu, smanjuje se opskrba s omega-3 masnim kiselinama.

#### Hranidba dodacima ribljega i lanenoga ulja

Posljednjih je godina predmet brojnih istraživanja dodatak ribljega ulja u obroke domaćih životinja. U govedem i ovčjem mesu dobivenom od životinja hranjenih obrocima obogaćenim ribljim uljem ustanovljen je značajan utjecaj na debljinu loja, udio masnoće te povećani sadržaj n-3 PUFA (polinezasićene masne kiseline) i niži omjer n-6/n-3 mesa koji je primjeren u prehrani ljudi (Ponnampalam i sur., 2001.).

Popova i sur. (2008.) istražili su utjecaj dodatka ribljega ulja u obrocima janjadi na masnokiselinski sastav masnoga tkiva. Relativni se sadržaj potkožnog masnog tkiva trupa nije promijenio u janjadi koja je hranjena obrocima s dodatkom ribljega ulja, ali je utvrđen povećan sadržaj međumišićne masnoće za 16% u usporedbi s janjadi koja nije konzumirala obroke s dodatkom ribljega ulja. Dobiveni rezultati upućuju na to da dodatak ribljega ulja dovodi do povećanog skladištenja međumišićne masnoće. Prilikom dodatka ribljega ulja u hranidbi janjadi, utvrđene su razlike potkožnoga masnog tkiva između različitih dijelova polovice. Sadržaj potkožnoga tkiva nogu i abdomena porastao je, dok

je sadržaj potkožnoga masnog tkiva buta smanjen za 40% ( $p < 0,05$ ), plećke za 16% i vrata za 28%, u odnosu na janjad kontrolne skupine. Dodatak ribljega ulja u hranidbi stimulira skladištenje međumišićne masnoće u mišićima plećke za 30% ( $p < 0,05$ ), u mišićima buta za 10% te abdomenu za 18% ali bez promjena u sadržaju međumišićne masti vrata. U butu je značajno smanjen udio potkožnoga i međumišićnoga masnog tkiva. Unatoč različitom sadržaju masnoće u različitim dijelovima polovice obje skupine, uočen je najveći sadržaj palmitinske (C16:0), stearinske (C18:0) te oleinske (C18:1) masne kiseline u janječem mesu. Sadržaj linolne masne kiseline (C18:2) u trigliceridima janjadi kontrolne skupine iznosio je 3,20%, a linolenske (C18:3) 4,42%. Dodatak ribljega ulja u obroke janjadi nije promijenio sadržaj C18:2 u perirenalnoj i intermuskularnoj masnoći, dok je sadržaj C18:3 smanjen u trigliceridima potkožnog tkiva u području *m. longissimus dorsi*-a (MLD) i na bazi repa. Sadržaj PUFA masti prsne žlijezde, trbušne maramice te masti oko prsa rezultat je većeg sadržaja C18:2 i C18:3. Moguće je da viši sadržaj PUFA iz ribljega ulja u buragu janjadi sprječava potpunu dehidrogenaciju C18:2 i može uzrokovati različito nakupljanje C18:2 u trigliceridima masnoga tkiva (Popova i sur., 2008.). Dodatak ribljega ulja u obroke značajno je povećao sadržaj C16:1 u perirenalnom masnom tkivu ( $p < 0,001$ ), trbušnoj maramici ( $p < 0,01$ ) te na površini MLD-a ( $p < 0,05$ ) janjadi. Sadržaj zasićenih masnih kiselina (SFA) u trigliceridima je smanjen, dok je utvrđen povišeni sadržaj mononezasićenih masnih kiselina (MUFA). Navedeno pokazuje utjecaj ribljega ulja na metabolizam lipida u janjadi koja je hranjena obrocima s dodatkom istoga ulja. U iste skupine životinja promijenjen sadržaj C16:1, C18:1 i C18:0, zbog promjene aktivnosti djelovanja steroid-CoA-desaturaze. Utvrđeno je da kompozicija obroka i mjesto naku-

pljanja masnoće snažno utječu na aktivnost steroid-CoA-desaturaze čiji je indeks povišen. Autori su zaključili da dodatak ribljega ulja u hranidbi povećava skladištenje međumišićne i unutarnje masnoće, u odnosu na potkožno masno tkivo janjadi (Popova i sur., 2008.).

Osim ribljega ulja, dobar izvor omega-3 masnih kiselina je i laneno ulje čiji je utjecaj na masnokiselinski sastav janječega mesa istražen u studiji Gruszeck-og i sur. (2006.). Tijekom tova pokusna je skupina janjadi hranjena obrocima koji su sadržavali 10% lanenoga ulja. Značajne razlike između skupina janjadi pokazale su se samo u sadržaju linolenske kiseline (C18:3n-3) i ukupnog sadržaja PUFA (Figure 1). Sadržaj C18:3n-3 povećan je za 4,5 puta u *m. longissimus lumborum*-u janjadi koja je hranjena obrocima s dodatkom lanenoga ulja, dok je sadržaj preostalih masnih kiselina bio bez značajnih razlika. Statistički je značajan sadržaj polinezasićenih masnih kiselina u iste skupine janjadi, dok sadržaj zasićenih i nezasićenih masnih kiselina *m. longissimus lumborum*-a nije bio značajan.

#### Konjugirana linolne kiseline (CLA) u janječem mesu

Prehrambeni proizvodi dobiveni od preživača glavni su izvor konjugirane linolne kiseline (CLA) u ljudskoj prehrani (Chin i sur., 1992.). Ciljevi je niz istraživanja proveden na životinjama, utvrdio da CLA unešena hranom utječe na smanjenje pojave tumora mliječne žlijezde, debeloga crijeva i kože (Belury i Kempa-Steczko, 1997.; Banni i Martin, 1998.). Utvrđeno je niz pozitivnih zdravstvenih učinaka povezanih s CLA u istraživanjima koji uključuju smanjenje masnoga tkiva, povećanje i izmjenu raspodjele nutrijenata, antioksidativni učinak, smanjenje razvoja ateroskleroze, poboljšanu mineralizaciju kostiju i modulaciju imunološkoga sustava (Be-

lury i Kempa-Steczko, 1997; Banni i Martin, 1998.). Glavni je izomer CLA, *cis-9, trans-11*, prisutan u hrani koja potječe iz biohidrogenacije linolne kiseline do stearinske pomoću bakterija buraga ili  $\Delta^9$ -desaturacijom *trans-11* vakcenske kiseline (Keppler i sur., 1966.).

Prehrambeni proizvodi podrijetlom od preživača s pašnjaka, dobar su izvor CLA, čija je koncentracija puno veća nego u životinja hranjenih koncentriranim krmivima (Dhiman i sur., 2000.). Zbog toga proizvodi životinja čija se hranidba bazira na livadnim travama, mogu sadržavati 300-500% više CLA od proizvoda životinja hranjenih ubičajenim obrocima s 50% sijena i silaže te 50% žitarica (Dhiman, 2001.). Naziv specifičnoga *cis-9, trans-11* C18:2 CLA izomera je rumenska kiselina (Kramer i sur., 1998.). CLA u mliječnoj masti i mesu preživača potječe iz dva izvora (Griinari i Bauman, 1999.). Jedan izvor CLA formira se tijekom biohidrogenacije linolne kiseline u buragu, dok se drugi izvor CLA sintetizira u tkivu životinje iz *trans* vakcenske kiseline (*trans-11* C18:1), drugoga intermedijera biohidrogenacije nezasićenih masnih kiselina. Stoga, jedinstvenost CLA-prehrambenih proizvoda podrijetlom od preživača proizlazi iz nepotpune biohidrogenacije nezasićenih masnih kiselina u buragu. Dodavanje CLA u obroke preživača može uslijediti kada oni ne preživaju, odnosno prije odbića, kada su istovjetni monogastričnim životinjama.

Mir i sur. (2000.) su u svom istraživanju usporedili sadržaj konjugirane linolne kiseline (CLA) u mesu janjadi s obzirom na različiti hranidbeni tretman koji je trajao 21 dan. U istraživanju je sva janjad prije odbića bila

hranjena mliječnim zamjenicama s 5 ml dodatka maslinova ulja. Pokušna je skupina janjadi prije odbića hranjena s 0,33 g CLA otopljene u 5 ml maslinova ulja, a nakon odbića je primila obroke s dodatkom 6% ulja šafranike. Ulje šafranike sadržavalo je 78% linolne kiseline i 0,7 mg CLA/g masti. Dodatak ulja šafranike povećao je sadržaj samo potkožnoga masnog tkiva, dok je sadržaj CLA značajno povećan ( $p < 0,05$ ) u svim tkivima za više od 200%. Međutim, sadržaj CLA u tkivima nije bio pod utjecajem sadržaja CLA u hrani janjadi prije odbića. U istraživanju Mir-a i sur. (2000.) dodatak ulja šafranike u obroke značajno je povećao sadržaj linolne masne kiseline u butu janjadi (Tablica 2). Rezultati pokazuju da je dodatak izvora linolne kiseline u obrok uspješna metoda povećavanja sadržaja CLA u tkivima. U prvom hranidbenom tretmanu janjad je dobila obrok nadopunjen s CLA prije odbića u cilju direktne ugradnje u tkiva. Drugi je tretman podrazumijevao hranidbu dopunjenu s linolnom kiselinom iz ulja šafranike, kako bi se poboljšala bakterijska aktivnost buraga za pretvaranje linolne kiseline u CLA izomere. Izravna hranidba neodbijene janjadi s CLA nije povećala njen sadržaj u bilo kojem od ispitivanih tkiva. CLA je vjerojatno bila metabolizirana u cilju stvaranja energije za rast janjadi (Mir i sur., 2000.). Promjena u konfiguraciji C18:2 može onemogućiti djelovanje fibroblasta prilikom diferencijacije u adipocite, stoga može biti uzrok nižemu udjelu masnoće u zreloom adipoznom tkivu janjadi hranjene obrokom obogaćenim s CLA prije odbića (Mir i sur., 2000.). U odbijene janjadi, pri hranidbi obrocima s dodatkom ulja šafranike, dostupnost CLA iz buraga nije smanjila udio masti adipoznoga tkiva, sugerirajući pri tome kako CLA ne ograničava skladištenje lipida, odnosno diferencijaciju fibroblasta u adipocite. Sadržaj CLA u uzorcima mišića janjadi kontrolne skupine kretao se od 0,64 do 3,13 mg CLA/g

lipida i bio je unutar raspona vrijednosti prikazanih mišićnih tkiva janjadi (Hansen i Czochanska, 1976.). Međutim, vrijednosti u mišićnom tkivu janjadi kontrolne skupine u ovom istraživanju bile su niže od 5,6 mg CLA/g lipida (Chin i sur., 1992.). Navedeni su autori utvrdili da se u janjadi hranjenih s dodatkom ulja šafranike povećao udio CLA u mišićima rebara na 8,4 mg CLA/g lipida, što je 1,7 puta više nego u istim mišićima janjadi kontrolne skupine. U ovom je istraživanju prosječni sadržaj CLA buta u janjadi kontrolne skupine bio 76,6 mg, a mišića rebara 178,6 mg/100 g tkiva. Međutim, sadržaj CLA u jetri i masnom tkivu janjadi hranjene obrocima s dodatkom ulja šafranike nije bio tako visok kao u istraživanjima Banni-a i sur. (1996.) koji su utvrdili sadržaj CLA od 12,6 mg/g lipida jetre i 16,9 mg/g lipida masnog tkiva. Ova je razlika vjerojatno posljedica razlike u hranidbi i dobi životinja. U istraživanju Mir-a i sur. (2000.) prosječna je dob bila 3,5 mjeseci, a janjad je hranjena mliječnim zamjenicama i visokim udjelom koncentrata, dok je sisajuća janjad u istraživanju Banni-a i sur. (1996.) bila u dobi od jedan mjesec te držana na pašnjaku zajedno s majkama.

Kott i sur. (2010.) istražili su utjecaj hranidbe janjadi obrocima s dodatkom zrna šafranike i vitamina E na sadržaj masnih kiselina. *M. longissimus dorsi* (MLD) janjadi hranjenih obrocima s dodatkom zrna šafranike sadržavao je više konjugirane linolne kiseline (CLA), polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), ukupnih nezasićenih masnih kiselina (TUFA) te omjer između polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina (PUFA:SFA) u odnosu na janjad hranjenu obrocima bez dodatka šafranike. Utjecaj dodatka zrna šafranike u obroke na sadržaj masnih kiselina bio je varijabilan. Autori prijašnjih istraživanja dokazali su kako dodatak ulja šafranike u obrocima janjadi podiže sadržaj linolne kiseline CLA i C18:1

izomera u mišićnom tkivu janjadi, uz smanjenje sadržaja oleinske kiseline (Mir i sur., 2000.; Kott i sur., 2003.).

Modeliranje masnokiselinskog sastava janjećega mesa hranidbom s posebnim osvrtom na konjugiranu linolnu kiselinu istražili su Demirel i sur. (2004.b). Prilikom pokusa janjad je hranjena sijenom te dodacima različitih izvora masnoće tijekom 60 dana. Janjad je podijeljena u tri skupine od kojih je prva skupina primila dodatak Megalac (visoki udio palmitinske masne kiseline), druga sjeme lana (visoki udio linolenske masne kiseline), a treća skupina janjadi dodatno sjemena lana i ribljea ulja (visoki udio n-3 masnih kiselina) u obroke. Utjecaj različitih hranidbenih tretmana na sadržaj konjugirane linolne kiseline (CLA) u jetri janjadi nije pokazao značajne rezultate. Janjad hranjena dodatkom sjemena lana i ribljea ulja imala je značajno viši ( $p < 0,01$ ) udio CLA *m. semimembranosus*-a u odnosu na janjad hranjenu drugim navedenim dodacima. U *m. semimembranosus*u janjadi istoga hranidbenog tretmana uočen je i značajno viši ( $p < 0,01$ ) sadržaj *trans* C18:1, masne kiseline koja je jedan od metabolita nepotpune biohidrogenacije od kojeg nastaje CLA. Noble i sur. (1974.) ustanovili su kako dugolančane masne kiseline iz ribljea ulja inhibiraju djelovanje mikrobnih reduktaza u buragu i time sprječavaju potpunu biohidrogenaciju nezasićenih u zasićene masne kiseline. Posljedično, nepotpuna biohidrogenacija masnih kiselina u buragu uzrokuje nastajanje međuprodukta *trans* C18:1 koji se apsorbira u tankome crijevu janjadi. U ovom istraživanju, kombinacija ribljea ulja i sjemena lana bogatoga linolenskom masnom kiselinom (C18:3n-3) pokazala se kao najbolji hranidbeni tretman u cilju povećanja CLA u *m. semimembranosus*-u janjadi.

### Zaključak

Masnokiselinski sastav te omjer

n-6/n-3 masnoga i mišićnoga tkiva janjadi pod utjecajem je hranidbe. Poželjan je omjer ispod 4, a može se očekivati pri hranidbi životinja na paši, pri čemu je opskrba s n-6 PUFA niža. U usporedbi s koncentriranim obrocima, hranidba janjadi sijenom i pašom, te dodacima lanenoga i ribljea ulja u obroke povećava udio n-3 PUFA u mišićnom tkivu. Stoga bi modeliranje masnokiselinskog sastava trebalo biti usmjereno ka hranidbi janjadi koja dovodi do smanjenja zasićenih i povećanja polinezasićenih masnih kiselina u mesu.

### Literatura

- Banni, S., G. Carta, M. S. Contini, E. Angioni, M. Deiana, M. A. Dessi, M. P. Melis, F. P. Corongiu (1996): Characterization of conjugated diene fatty acids in milk, dairy products, and lamb tissues. *Nutritional Biochemistry*, 7, 150-155.
- Banni, S., J. C. Martin (1998): Conjugated linoleic acid and metabolites. In: J. J. Sebedio and W. W. Christie (Ed.) *Trans Fatty Acids in Human Nutrition*. Oily Press, Dundee, Scotland, 261-302.
- Bas, P., P. Morand-Fehr (2000): Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Livestock Production Science*, 64, 61-79.
- Belury, M. A., A. Kempa-Steczko (1997): Conjugated linoleic acid modulates hepatic lipid composition in mice. *Lipids* 32, 199-204.
- Berthelot, V., P. Bas, P. Schmidely, C. Duvaux-Pontier (2001): Effect of dietary propionate on intake patterns and fatty acid composition of adipose tissues in lambs. *Small Ruminant Research*, 40, 29-39.
- Chillard, Y., A. Ferlay, M. Doreau (2001): Effects of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acids (CLA) and poly-unsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, 70, 31-48.
- Chin, S. F., W. Liu, J. M. Storkson, Y. L. Ha, M. W. Pariza (1992): Dietary sources of conjugated dienic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197.
- Clapham, W. M., J. G. Foster, J. P. Neel, J. M. Feeders (2005): Fatty acid composition of traditional and novel forages. *Journal of Agri-*

cultural and Food Chemistry, 53, 10068-10073.

Clarke, R. T. J., T. Bauchop, D. R. Body (1977): Effect of dietary corn oil on the linoleic acid content of adipose tissue lipids in barley-fed lambs. *Journal of Agricultural Science*, 89, 507-510.

Demirel, G., H. Ozpinar, B. Nazli, O. Kesser (2006): Fatty acids of lamb meat from two breeds fed different forage: concentrate ratio. *Meat Science*, 72, 229-235.

Demirel, G., A. M. Wachira, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, J. D. Wood, M. Enser (2004a): Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, breeds and vitamin E on the fatty acids of lamb muscle, liver and adipose tissue. *British Journal of Nutrition*, 91, 551-565.

Demirel, G., J. D. Wood, M. Enser (2004b): Conjugated linoleic acid content of the lamb muscle and liver fed different supplements. *Small Ruminant Research*, 53, 23-28.

Dewhurst, R. J., N. D. Scollan, S. J. Youell, K. S. Tweed, M. O. Humphreys (2001): Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science*, 68-74 (Abstr.).

Dhiman, T. R. (2001): Role of diet on conjugated linoleic acid content of milk and meat. *Journal of Animal Science*, 79, 168-172.

Dhiman, T. R., L. D. Satter, M. W. Pariza, M. P. Gallik, K. Albright, M. X. Tolosa (2000): Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk from Cows Offered Diets Rich in Linoleic and Linolenic Acid. *Journal of Dairy Science*, 83(5), 1016-1027.

Dugan, M. E. R., J. L. Aalhus, A. L. Schaefer, J. K. Kramer (1997): The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 77, 723-725.

Enser, M. (1999): Nutritional effects on meat flavour and stability. In R. I. Richardson, G. C. Mead (Eds.), *Poultry Science*. Poultry Science Symposium Series 25, 197-215.

Enser, M., K. Hallett, B. Hewitt, G. A. J. Fursey, J. D. Wood (1998): Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329-341.

Fisher, A. V., M. Enser, R. I. Richardson, J. D. Wood, G. R. Nute, E. Kurt, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson (2000): Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed-production systems. *Meat*

Science, 55, 141–147.

**Grinari, J. M., D. E. Bauman** (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawec, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Pariza, M. W., Nelson, G. J. (1999): *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. AOCS Press, Champaign, IL, 1: 180–200.

**Gruszecki, T., A. Junkuszew, A. Lipiec, C. Lipecka, A. Szymanowska, K. Patkowski, M. Szymanowski** (2006): Composition of fatty acids of muscle tissue of lambs fed feedstuff supplemented with flax seeds. *Arch. Tierz., Dummerstorfer* 49, 181–185.

**Hansen, R. P., Z. Czochanska** (1976): Fatty acid composition of the subcutaneous and perinephric fats of lambs grazed on pasture in New Zealand. *New Zealand Journal of Science*, 19: 413–419.

**Hanson, R. W., F. J. Ballard** (1967): The relative significance of acetate and glucose as precursors for lipid synthesis in liver and adipose tissue from ruminants. *Biochemical Journal*, 105, 529.

**Harwood, J. L., A. V. H. M. Jones, H. Thomas** (1982): Leaf senescence is a non-yellowing mutant of *Festuca pratensis*. III. Total acyl lipids of leaf tissue during senescence. *Planta*, 156, 152–157.

**Jenkins, T. C.** (1992): Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76, 3851–3863.

**Kepler, C. R., K. P. Hiron, J. J. McNeill, S. B. Tove** (1966): Intermediates and products of the bihydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *Journal of Biological Chemistry*, 241, 1350–1354.

**Kliem, K. E., E. R. Deaville, R. Morgan, D. I. Givens** (2006): Do biodiverse pastures have the potential to improve the fatty acid profile of ruminant meat. *Proceedings of the British Grassland Society 8<sup>th</sup> Research Conference*, Cirencester, 87–88.

**Kott, R. W., P. G. Hatfield, J. W. Bergman, C. R. Flynn, H. Wagone, J. A. Boles** (2003): Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small Ruminant Research*, 49, 11–17.

**Kott, R. W., L. M. M. Surber, A. V. Grove, P. G. Hatfield, J. A. Boles, C. R. Flynn, J. W. Bergman** (2010): Feedlot performance, carcass characteristics, and muscle CLA concentration of lambs fed diets supplemented with

safflower seeds and vitamin E. *Sheep and Goat Research Journal*, 25, 16–22.

**Kramer, J. K. G., R. W. Parodi, R. G. Jensen, M. M. Mossoba, M. P. Yurawec, R. O. Adlof** (1998): Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, 33, 835.

**Kulier, I.** (1990): *Prehrambene tablice*. Dina, Poslovna zajednica za dijetetsku i biološku hranu, Zagreb.

**Mir, Z., M. L. Rushfeldt, P. S. Mir, L. J. Paterson, and R. J. Weselake** (2000): Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Ruminant Research*, 36, 25–31.

**Noble, R. C., J. H. Moore, C. G. Harfoot** (1974): Observations on the pattern on bihydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen. *British Journal of Nutrition*, 31, 99–108.

**Ponnampalam, E. N., A. J. Sinclair, A. R. Egan, S. J. Blakeley, B. J. Leury** (2001): Effect of diets containing n-3 fatty acids on muscle long-chain n-3 fatty acid content in lambs fed low and medium quality roughage diets. *Journal of Animal Science*, 79, 698–706.

**Popova, T.** (2007): Effect of rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of the *M. longissimus lumborum* and *M. semimembranosus* in lambs. *Small Ruminant Research*, 71, 150–157.

**Popova, T., P. Marinova, V. Banskalieva, V. Vasileva** (2008): Content and fatty acid composition of different fat depots of lambs receiving fish oil supplemented diet. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14 (1), 100–107.

**Ray, E. E., R. P. Kromann, E. J. Cosma** (1975): Relationships between fatty acid composition of lamb fat and dietary ingredients. *Journal of Animal Science*, 41, 1767–1774.

**Rhee, K. S.** (1992): Fatty acids in meats and meat products. In: C. K. Chow (Ed.), *Fatty acids in foods and their health implications*. New York: Marcel Dekker, 65–93.

**Rowe, A., F. A. F. Macedo, J. V. Visentainer, N. E. Souza, M. Matsushita** (1999): Muscle composition and fatty acids profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat Science*, 51, 283–288.

**Scerra, M., P. Caparra, F. Fotti, V. Galofaro, M. C. Sinatra, V. Scerra** (2007): Influence of ewe feeding systems on the fatty acid com-

position of suckling lambs. *Meat Science*, 76, 390–394.

**Solomon, M. B., G. P. Lynch, S. Norton, E. Paroczay** (1991): Influence of rapeseed meal, whole rapeseed and soybean meal on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from ram lambs. *Journal of Animal Science*, 69, 4055–4061.

**St. John, L. C., C. R. Young, D. A. Knabe, L. D. Thompson, G. T. Schelling, S. M. Grundy, S. B. Smith** (1987): Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissue from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. *Journal of Animal Science*, 64, 1441.

**Trail, W. B., M. H. P. Arnould, S. A. Chambers, E. R. Deaville, M. H. Gordon, P. John, P. J. Jones, K. E. Kliem, S. R. Mortimer, J. R. Tiffin** (2008): The potential for competitive and healthy food chains of benefit to the countryside. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 248–254.

**University of Maryland, Medical Center** <http://www.umm.edu/altmed/articles/omega-3-000316.htm>, downloaded 10. 6. 2010.

**Valvo, M. A., M. Lamza, M. Bella, V. Fasone, M. Scerra, L. Biondi, A. Priolo** (2005): Effect of ewe feeding system (grass vs concentrate) on intramuscular fatty acids of lambs raised exclusively on maternal milk. *Animal Science*, 81, 431–436.

**Vatanever, L., E. Kurt, M. Enser, N. D. Scollan, R. I. Richardson, G. R. Nute** (2000): Shelf life and eating quality of beef from cattle of breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition. *Animal Science*, 71, 471–482.

**Velasco, S., V. Cañeque, S. Lauzurica, C. Pérez, F. Huidobro** (2004): Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Science*, 66, 457–465.

**Velasco, S., V. Cañeque, C. Pérez, S. Lauzurica, M. T. Díaz, F. Huidobro, C. Manzanares, J. González** (2001): Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat Science*, 59(3), 325–333.

**Wood, J. D., M. Enser** (1997): Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78 (1), 549–560.

Dostavljeno: 12.10.2011.  
Prihvaćeno 15.11.2011.

## β-adrenergički agonisti: tvari s anaboličkim učinkom kod životinja za proizvodnju mesa

Pleadin, J., A. Vulić, N. Peršić

pregledni rad

### Sažetak

U radu je dan pregled literaturnih podataka o β-adrenergičkim agonistima kao grupi tvari koje imaju anabolički učinak kod životinja. Prikazane su kemijske strukture pojedinih spojeva, navedena su njihova osnovna svojstva, mehanizam djelovanja, fiziološki učinci te štetne posljedice u ljudi i životinja uzrokovane izlaganjem anaboličkim dozama ovih tvari. β-agonisti u organizmu ostvaruju učinak vezujući se na specifične β-adrenergičke receptore smještene na membranama stanica ciljnih tkiva. Njihova primjena u anaboličkoj dozi na životinjama rezultira značajnim povećanjem mišićne mase kao i smanjenjem količine masnog tkiva, boljom iskoristivošću hrane, pojačanim rastom životinja te poboljšanim senzorskim svojstvima proizvedenog mesa. U posljednja dva desetljeća, u nekim zemljama Europske unije, β-agonisti su bili zlouporabljani tijekom tova životinja, s ciljem postizanja značajnijih proizvodnih prinosa u proizvodnji mesa odnosno ostvarivanja većeg ekonomskog profita. Zlouporaba najznačajnijeg predstavnika klenbuterola uzrokovala je štetne posljedice po zdravlje ljudi i životinja. U zemljama Europske unije, kao i u Republici Hrvatskoj, primjena ovih tvari u anaboličke svrhe na životinjama za proizvodnju mesa je zabranjena, a nadzor zlouporabe provodi se putem državnih programa monitoringa rezidua.

**Ključne riječi:** β-adrenergički agonisti, anabolički učinak, životinje za proizvodnju mesa

### Uvod

β-adrenergički agonisti (β-agonisti) su kemijske tvari koje se već duže od 30 godina koriste u humanoj i veterinarskoj medicini u liječenju kroničnog bronhitisa, kronične opstruktivne bolesti pluća i astme, te kao toksični kod životinja (Anderson i sur., 2005; Barnes, 1999). Ujedno, ove tvari su pospješivači rasta u mnogih vrsta životinja za proizvodnju mesa, a učinak u organizmu ostvaruju vezujući se na specifične β-adrenergičke receptore smještene na membranama stanica ciljnih tkiva (Mersmann, 1989; Mersmann, 1998).

Primjena β-agonista u anaboličkoj dozi na životinjama rezultira značajnim povećanjem mišićne mase kao

i značajnim smanjenjem količine masnog tkiva, boljom iskoristivošću hrane te pojačanim rastom životinja (Van Der Wal i Berende, 1983; Meyer i Karg, 1989; Meyer, 2001; Anderson i sur., 2005). Primjenom ovih tvari na farmским životinjama dobiva se meso boljih senzoričkih svojstava, s manjim udjelom masnog tkiva odnosno većim udjelom mišićnog tkiva (Bergen i sur., 1987; Crome i sur., 1996; Armstrong i sur., 2004), a koje je stoga prihvatljivije potrošačima. Navedene spoznaje imale su u prošlosti značajne negativne implikacije na ljudsko zdravlje, jer su se ove tvari, iako toksične, zlouporabljale u stočarskoj industriji odnosno bile primjenjivane na životinjama za proizvodnju mesa.

Od 1984. godine do današnjih dana provedena su brojna istraživanja anaboličkog učinka β-agonista kod životinja od visokog ekonomskog interesa, kao što su perad, svinje, ovce i goveda (Meyer i sur., 1995; Ramos i sur., 2000). Grupu β-adrenergičkih agonista čine deseci spojeva, među kojima su u proteklom razdoblju najviše istraživani β-adrenergički agonisti i to klenbuterol kao dugodjelujuća tvar i glavni predstavnik ove skupine tvari. Podaci govore o pojavljivanju na tržištu i brojnih tvari kratkog djelovanja, kao što su salbutamol, raktapamin, cimaterol, zilpaterol, terbutalin, mabuterol i ostali β-agonisti, te postizanju povećanja proteinskog udjela mesa i smanjenja udjela masti i za oko 40%

<sup>1</sup> doc. dr. sc. Jelka Pleadin, dipl. ing., znanstvena savjetnica; dr. sc. Ana Vulić, dipl. ing., znanstvena novakinja; Nina Peršić, dipl. ing., znanstvena novakinja, Laboratorij za analitičku kemiju, Hrvatski veterinarski institut, Savska 143, Z HR-10 000 Zagreb