

# Fat tissue and fatty acid composition in lamb meat

## Masno tkivo i masnokiselinski sastav janječeg mesa

Ana KAIĆ\* and Boro MIOČ

University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science and Technology, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia,\*correspondence: [akaic@agr.hr](mailto:akaic@agr.hr)

### Abstract

Meat is a food of high nutritional content which can make a valuable contribution in a human diet. Among other nutrients, meat is the main source of fats in the human diet and its presence in the daily meal of consumers in the developed countries is high. Consumers have become increasingly aware of the role of fat and fatty acids in their health status. Consequently, at the time of purchase of certain types of meats their requests are subjected to the frequent changes and growing demands. From this point of view it must be considered that fat and fatty acid composition of lamb meat could be highly influenced by the breed, age/weight of the animal, gender, diet, production system, and anatomical position of the muscles. Therefore, the aim of this paper was to describe the factors that may affect the fat tissue and fatty acid composition in lamb meat and their relation to the human health status.

**Key words:** fat, fatty acids, lambs

### Sažetak

Meso po svom nutritivnom sastavu spada u namirnice visoke hranjive vrijednosti i zauzima važno mjesto u ljudskoj prehrani. Ono je ujedno i glavni izvor masti u prehrani stanovništva te mu je zastupljenost u dnevnom meniju razvijenih zemalja velika. S obzirom da su potrošači sve više svjesni uloge masnog tkiva i masnih kiselina u zdravstvenom statusu njihovi zahtjevi su pri kupnji određenih vrsta mesa sve veći i podložni čestim promjenama. Pri tome je svakako važno navesti da sadržaj masnog tkiva i pojedinih masnih kiselina u janječem mesu varira ovisno o brojnim čimbenicima među kojima se ističu genotip, dob životinje, spol, hranidba, način držanja i anatomski položaj mišića. Stoga je cilj ovog rada bio opisati čimbenike koji mogu utjecati na sadržaj masnog tkiva i pojedinih masnih kiselina u janječem mesu te njihovu povezanost sa zdravstvenim statusom potrošača.

**Ključne riječi:** janjad, masne kiseline, mast

## Detailed abstract

Meat is the main source of fats in the human diet and its presence in the daily meal of consumers in the developed countries is high. The type of fat and fatty acid composition affects eating habits and maintains the quality of meat (Saatchi et al., 2013). Previous studies have shown that a low intake of saturated fatty acids (SFA) and an increased polyunsaturated (PUFA) to saturated fatty acid ratio are implicated with a low risk of obesity, cancer, diabetes, and coronary heart diseases (Guler et al., 2011; McAfee et al., 2010). Being aware of these findings, consumers have become more diet conscious and their perception regarding to the meat healthiness is primarily related to its fat content and fatty acid composition (Saatchi et al., 2013). It has been proven that many factors in the production, such as breed, age/weight of the animal, gender, diet, production system, and anatomical position of the muscles can be involved in the lipid composition of lamb meat (Borys et al., 2012; Juárez et al., 2008).

Generally, it is known that fat appears as a fatty tissue under the skin (subcutaneous), as an offal fat, inter- (between the muscles) and intramuscular (within the muscles) fat. Fat is one of the parameter that determines the value of the lamb carcass (fatness level), it is involved in various aspects of meat quality (colour, rancidity, melting point, etc.), and is known as a nutrient with numerous functions in a human body (energy provider, as a carrier of fat-soluble vitamins, component of cell membranes, etc.).

Substantial differences in a fat distribution of lambs are primarily presented within the breeds (different genotypes). Mioč et al. (2007) reported that dairy breeds of sheep have higher proportion of body fat in internal depots than meat breeds, which have higher proportions of subcutaneous fat. Belo et al. (2005) reported significant differences in total fat content between Merino Branco lambs and rotational crossbreed Serra de Estrela x Romanov x Ile de France lambs. The results of numerous studies confirm that the nutrition and production systems are highly related with the total fat content and its composition (Carrasco et al., 2009; Cividini et al., 2014; Perlo et al., 2008). It was reported that lambs grazing on pasture generally have low fat content and high beneficial fatty acid content than lambs in dry-lots fattening with grain-based diets. Regarding to gender, it is considered that female and castrated male lambs had higher fat content than entire males. Loblely et al. (1990) reported that male lambs have higher nitrogen retention and consequently less fat content than females. The rate of fat deposition differs during growth resulting in changes in the relative composition of carcass (Abdullah and Qudsieh, 2008). Generally, it is known that total fat content increases with slaughter weight, while total lean and bone content declines with increasing slaughter weight.

Fatty acids are hydrocarbon chains of varying length with one end of the chain terminated by a methyl group and the other by a carboxyl group. Depending on the number of double bounds, the hydrocarbon chain of the fatty acids can be saturated, monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated. Fatty acids are important as a source of energy, as structural components of cell membranes, and within immune system as signalling molecules and regulators of gene expression (Yaqoob and Calder, 2007). According to Wood et al. (2008) the total lipid content of ruminant

tissues is comprised of about 40% of SFA, 40% of MUFA and 2-25% of PUFA. Although ruminant meat is an important source of nutrients, its relatively high content of SFA has been criticized and related to cardiovascular diseases (Ribeiro et al., 2011). Nevertheless, it has been evidenced that individual fatty acids in this family have considerably different effects. For instance, lauric acid (C12:0) and myristic acid (C14:0) have a greater total cholesterol raising effect than palmitic acid (C16:0), whereas stearic acid (C18:0) has a neutral effect on the concentration of total serum cholesterol, including no apparent impact on either low-density lipoprotein or high-density lipoprotein (Daley et al., 2010).

Within the SFA, the predominant in ruminant meat are palmitic (C16:0), stearic (C18:0) and myristic (C14:0) fatty acids (Kaić et al., 2016). In contrast to SFA, it has been proven that MUFA and PUFA are beneficial for human health. The beneficial effects of MUFA and PUFA have been associated with its ability to protect against cardiovascular diseases. Approximately 50% of the intramuscular fat of the lamb is composed of unsaturated fatty acids; MUFA are composed predominantly from oleic acid (C18:1) and PUFA from linoleic (C18:2) and  $\alpha$ -linolenic (C18:3) fatty acids, respectively (McAfee et al., 2010). Oleic acid (C18:1) originates either from dietary sources or endogenous synthesis of C18:0 by the enzyme complex  $\Delta$ 9-desaturase (stearoyl-CoA desaturase). It has been considered to be hypolipidemic, reducing plasma cholesterol (Sales-Campos et al., 2013), and can be considered as a desirable component of the human diet.

Linoleic (C18:2 n-6) and  $\alpha$ -linolenic (C18:3 n-3) acids are essential n-6 and n-3 PUFAs in humans, i.e. they are not synthesized by the human body and should be taken up through the diet. They are precursors of potent lipid mediators, termed eicosanoids, which have an important role in the regulation of inflammation (Wall et al., 2010).

Nutritional value of meat is determined by the PUFA/SFA ratio and the balance between fatty acids of the n-6 and n-3 series (Warren et al., 2008). From a human health viewpoint the recommended values of the PUFA/SFA ratio are higher than 0.45 (World Health Organization, 2003). Nevertheless, it must be considered that ruminant meat has a lower PUFA/SFA ratio than that of non-ruminants because of the hydrogenating action of the rumen microorganisms. In contrast with the situation for the PUFA/SFA ratio, ruminant meat has advantages from a human health viewpoint because it is generally characterized by a low n-6 /n-3 ratio. From a human health viewpoint, the n-6 /n-3 ratio below 4.0 is required in the diet (World Health Organization, 2003).

Many studies have reported that the fatty acid composition in lamb meat is highly influenced by nutrition and production system (Cividini et al., 2014; De Smet et al., 2004; Guler et al., 2011; Klir et al., 2012; Radzik-Rant et al., 2012). It has been proven that pasture lambs contains less SFA, higher levels of n-3 PUFA, and consequently a more favourable n-6/n-3 ratio than lambs fattened with grain-based diets. Breed is another factor that may affect the fatty acid composition. Díaz et al. (2005) reported significant differences in the fatty acid composition between Rasa Aragonesa, Suffolk and Corriedales lambs. Regarding to gender, it is considered that female lambs had significantly higher proportions of MUFA (Borys et al., 2012; Cividini et al., 2008; Díaz et al., 2003) while male lambs had significantly higher proportions of PUFA (Cividini et al., 2008; Kaić, 2013; Yarali et al., 2014).

Furthermore, it is known that the fatty acid profile in lamb meat is affected by the age, i.e. slaughter weight. Juárez et al. (2009) reported that meat from heavier lambs had lower levels of SFA, and higher PUFA values than meat from lighter lambs. According to Wood et al. (2004) differences in muscle fibre type between muscles are also reflected in differences in their fatty acid composition. "Red" muscles have a higher proportion of phospholipids than "white" muscles and therefore a higher percentage of PUFA.

From this point of view it must be considered that fat and fatty acid composition of lamb meat could be highly influenced by the breed, age/weight of the animal, gender, diet, production system, and anatomical position of the muscles. Understanding aforementioned factors provides the possibility of creating and applying various procedures in technology and selection that may affect the fat content and fatty acid composition in lamb meat. Manipulation of the fat content and fatty acid composition thus provides the possibility of "modifications" of lamb meat that would satisfy the requirements and desires of consumers.

## Uvod

Spoznaja potrošača da hrana koju konzumiraju izravno utječe na njihovo zdravlje dovela je do sve veće potražnje i konzumacije s nutricionističkog stajališta tzv. "kompletnije" hrane, odnosno hrane koja je pogodnija za njihov zdravstveni status (Menrad, 2003). Zbog takvih potreba sve se više istraživanja temelji na hrani koja bi udovoljila zahtjevima i željama potrošača. Dokazano je da visok udio zasićenih masnih kiselina (engl. saturated fatty acids, SFA) i većine *trans* masnih kiselina (osim izomera konjugirane linolne kiseline; engl. conjugated linoleic acid, CLA) u hrani pogoduje pojavi bolesti srca i krvožilnog sustava (McAfee i sur., 2010). Suprotno tome, povećani unos višestruko nezasićenih (polinezasićenih; engl. polyunsaturated fatty acids, PUFA) masnih kiselina značajno doprinosi smanjenju rizika pojave različitih bolesti srca i krvožilnog sustava (Guler i sur., 2011). Meso po svom nutritivnom sastavu spada u namirnice visoke hranjive vrijednosti, osobito zahvaljujući visokom sadržaju bjelanjčevina, minerala i vitamina te zauzima važno mjesto u ljudskoj prehrani (Williamson i sur., 2005). S obzirom da je meso ujedno i glavni izvor masti u prehrani stanovništva te da mu je zastupljenost u dnevnom meniju razvijenih zemalja poprilična, ono izravno pridonosi ne samo visokom unosu masti nego i pojedinim masnim kiselinama (Givens i sur., 2006; Wood i sur., 2004). Samim time su potrošači sve više usmjereni prema spoznajama o količini i kvaliteti masti i masnih kiselina u pojedinim vrstama mesa (Saatchi i sur., 2013; Yarali i sur., 2014). Pri tome treba svakako uzeti u obzir da sadržaj masti i pojedinim masnih kiselina u janjećem mesu varira ovisno o genotipu, dobi životinje, spolu, hranidbi, načinu držanja i anatomskoj poziciji mišića (Borys i sur., 2012; Juárez i sur., 2008). Stoga je cilj ovog rada bio opisati čimbenike koji mogu utjecati na sadržaj masnog tkiva i pojedinim masnih kiselina u janjećem mesu te njihovu povezanost sa zdravstvenim statusom potrošača.

## Masno tkivo

Mast, odnosno masno tkivo se u životinjskom trupu obično nakuplja u četiri glavna područja: u tjelesnim šuplinama (bubrežno, trbušno i zdjelično masno tkivo), potkožno, odnosno subkutano, između mišića (intermuskularno ili međumišićno masno tkivo) te unutar mišića, odnosno intramuskularno. Više od 90% masti u organizmu životinje čine trigliceridi (triacil gliceroli), dok se preostali dio sastoji uglavnom od fosfolipida i kolesterola (Grebens, 2004). Mioč i sur. (2007) navode da se mast u ovčjem mesu nalazi u obliku triglicerida, fosfolipida, stearida i sterina.

U sastavu mesa mast se nalazi u mišićnom tkivu (intramuskularno masno tkivo) i u pripadajućem masnom tkivu (potkožno i/ili intermuskularno). Intramuskularno masno tkivo (engl. intramuscular fat, IMF) najvećim dijelom čine masne stanice (adipociti) koje se nalaze uzduž i oko mišićnih vlakana (pojedinačno ili u nakupinama) i sadrže gotovo isključivo trigliceride. Ostatak intramuskularnog masnog tkiva čine lipidi mišićnog vlakna koji se nalaze u sarkoplazmi (trigliceridi) i strukturama staničnih (fosfolipidi i kolesterol) membrana (Raes i sur., 2004). Do povećanja sadržaja IMF-a prvenstveno dolazi uslijed nakupljanja triglicerida (Grebens, 2004). Ovisno o razini zamašćenja trupa, dobi životinje, pasmini i anatomskej poziciji mišića sadržaj triglicerida u mišićima može varirati od 0,2 do > 5% (De Smet i sur., 2004). Za razliku od triglicerida, sadržaj fosfolipida je znatno manje varijabilan i ponajprije ovisan o glikolitičkom statusu mišića (Raes i sur., 2004). Naime oksidativni mišići, građeni pretežno od crvenih mišićnih vlakana, zbog većeg broja mitohondrija unutar vlakna sadrže više fosfolipida u odnosu na glikolitičke mišiće (De Smet i sur., 2004; Grebens, 2004). Potkožnu i intermuskularnu mast čini masno tkivo građeno iz nakupina masnih stanica (adipocita), vode i bjelančevina vezivnog tkiva (Wood i sur., 2004). Masne stanice potkožnog i intermuskularnog masnog tkiva sadrže pretežno trigliceride (najmanje 99%) te njihove razgradne produkte, odnosno mono- i digliceride i slobodne masne kiseline uz malu količinu kolesterola (Gandemer, 2002).

Udio masnog tkiva u janječem trupu ponajprije ovisi o genotipu, a zatim o hranidbi i načinu držanja (pašni ili stajski), spolu, dobi životinja pri klanju i dr. (Mioč i sur., 2012). Pri tome treba svakako napomenuti da udio masnog tkiva u janječem trupu ubrajamo u jedan od kriterija pri ocjeni kakvoće janjećih trupova i polovica, a uz sastav značajno utječe na okus, sočnost, teksturu i vizualna svojstva mesa (Wood i sur., 2008).

## Čimbenici koji utječu na sadržaj masnog tkiva

Pasmine ovaca koje se razlikuju u fiziološkim osobinama i imaju različite predispozicije odlikuju se različitom količinom i područjem formiranja masnog tkiva. Tako se u kasnozrelih pasmina ovaca (pramenka) masno tkivo formira uglavnom u unutrašnjosti, u trbušnoj i zdjeličnoj šupljini, dok je u tipičnih mesnih pasmina ovaca masno tkivo raspoređeno subkutano te prekriva najveći dio površine trupa (Mioč i sur., 2007). Belo i sur. (2005) su u mesu križanaca Serra de Estrela x Romanov x Ile de France janjadi utvrdili znatno veći udio intramuskularne masti negoli u mesu Merino Branco janjadi prosječne tjelesne mase pri klanju od 25 kg. Juárez i sur. (2008) su utvrdili različite udjele potkožne masnoće u trupovima Grazalema Merino, Churra Lebrijana, Spanish Merino, Montesina i Segureña španjolskih pasmina janjadi

prosječne tjelesne mase pri klanju od 21 kg.

Hranidba (razina i vrsta obroka) i način držanja su također važni čimbenici koji mogu utjecati na sadržaj masnog tkiva u janjećem trupu. Općenito se smatra da janjad hranjena voluminoznom krmom ima znatno manji udio masnoće u trupovima od janjadi hranjene krepkim krmivima i držane u staji (Carrasco i sur., 2009; Cividini i sur., 2014; Perlo i sur., 2008). Meso janjadi hranjene visoko energetske obrocima sastavljenim od krepkih krmiva ili od paše i krmnih smjesa sadrži više masnog tkiva od mesa janjadi hranjene isključivo voluminoznom krmom (Perlo i sur., 2008). Navedena razlika najviše se pripisuje odnosu proteina i energije u obroku janjadi. Naime, obrok s jednako visokim sadržajem bjelančevina i energije, u usporedbi s obrokom s nižim sadržajem energije, najviše pridonosi višem sadržaju masti u janjećem mesu. Suprotno tome, povećanje energetske vrijednosti obroka uz zadržavanje jednake razine bjelančevina dovodi do smanjenja udjela bjelančevina u janjećem mesu. Pored razine i vrste obroka značajan utjecaj na sastav janjećeg mesa ima i sustav držanja. Naime, pri jednako dostupnoj razini energije u obroku meso janjadi držane na paši u pravilu sadrži značajno manje udjele masti i veće udjele bjelančevina od mesa janjadi držane u staji (Atti i Mahouachi, 2009). Na značajne razlike, među brojnim čimbenicima, utječe prvenstveno znatno veća fizička aktivnost pašne janjadi koja dovodi do pojačane potrošnje energije.

Spol ima značajan utjecaj na udio masnog tkiva u janjećem trupu. Díaz i sur. (2003) su u trupovima ženske Manchego janjadi utvrdili znatno veći udio potkožne, intermuskularne, zdjelične i bubrežne masti negoli u trupovima muške janjadi iste pasmine. Peña i sur. (2005) u subjektivno ocijenjenih trupova ženske Segureña janjadi ističu znatno veći udio bubrežne i ukupne masnoće od trupova muških grla istih pasmina. Razlike u stupnju masnoće između trupova ženske i muške janjadi se povezuju uglavnom s varijacijama učinkovitosti u asimilaciji bjelančevina te različitim udjelima tkiva u prirastu (Robelin i Theriez, 1981). Lobley i sur. (1990) tvrde da muška janjad ima znatno veće indekse zadržavanja dušika od ženske janjadi te posljedično tome u trupu znatno više mišićnog negoli masnog tkiva. Uz to, potrebno je napomenuti da kastracija također može imati značajan utjecaj na udio intramuskularne masnoće. Okeudo i Moss (2007) su u mišićnom tkivu trupa kastriranih muških ovnova utvrdili znatno veći udio intramuskularne masnoće negoli u mišićnom tkivu trupova nekastrata i ovaca. Nasuprot tome, Klein Júnior i sur. (2008) nisu utvrdili statistički značajne razlike u intramuskularnoj masnoći mišićnog tkiva između trupova kastrata i nekastrata.

Stupanj zamašćenosti trupa se povećava s odmicanjem dobi janjadi. Skapetas i sur. (2006) su utvrdili da s povećanjem dobi od 30, 45, 60, 75 i 90 dana dolazi do značajnog povećanja kako ukupne količine masnog tkiva tako i masti pojedinih područja (potkožne, intramuskularne, bubrežne i zdjelične) na i u trupovima janjadi. Neznatno manji pad udjela potkožne, intramuskularne i zdjelične masnoće u trupovima janjadi u dobi od 60 dana autori objašnjavaju stresom pri odbiću. Pri tome treba napomenuti da je masno tkivo kasno dozrelo i da se u mlađih životinja znatno manje razvija u odnosu na mišićno i koštano tkivo, dok je kasnije sa starošću, odnosno povećanjem tjelesne mase intenzitet nakupljanja masnog tkiva znatno veći (Abdullah i Qudsieh, 2008; Skapetas i sur., 2006).

## Masnokiselinski sastav

Osim količine masti važnu ulogu u mnogim kvalitativnim osobinama mesa ima i sastav masnih kiselina. Masne kiseline su kemijski građene od ugljikovog lanca s terminalnom metilnom ( $\text{CH}_3$ -) skupinom na jednom i karboksilnom ( $-\text{COOH}$ ) skupinom na drugom kraju lanca. Masne kiseline dijelimo na zasićene i nezasićene (engl. unsaturated fatty acids, UFA). Nezasićene masne kiseline dijelimo na mononezasićene (engl. monounsaturated fatty acids, MUFA) i polinezasićene, a mogu biti formirane u *cis* ili *trans* konfiguraciji. Kod zasićenih masnih kiselina svi atomi ugljika međusobno su povezani jednostrukim vezama i na svakom ugljikovom atomu nalazi se maksimalno mogući broj vodikovih atoma. Ukoliko masnoj kiselini nedostaje jedan par ugljikovih atoma u lancu ona sadrži jednu dvostruku vezu ( $\text{C}=\text{C}$ ) i nazivamo ju jednostrukom ili mononezasićenom. Višestruko nezasićene ili polinezasićene masne kiseline u ugljikovom lancu sadrže više od jedne nezasićene ili dvostruke veze.

*Cis* konfiguracija nezasićenih masnih kiselina znači da su dva atoma vodika na istoj strani dvostruke veze u lancu, on se presavija i ograničava oblikovnu slobodu masne kiseline. Kada lanac ima mnogo *cis* veza on postaje izrazito zakrivljen u svim mogućim smjerovima. Nasuprot tome, *trans* konfiguracija znači da su dva susjedna atoma vodika vezana na suprotnim stranama dvostruke veze. Rezultat toga je da ne oblikuju lanac koji je ispresavijan, te je oblikom sličan ravnom lancu kao u zasićenim masnim kiselinama. *Trans* oblik masnih kiselina nastaje bakterijskom transformacijom nezasićenih masnih kiselina u buragu preživača (biohidrogenizacijom) ili utjecajem čovjeka i njegove namjere da prerađuje masnoće (npr. izlaganjem ulja visokim temperaturama, hidrogeniranjem).

Zbog mogućnosti pucanja dvostrukih veza, nezasićene masne kiseline su, u odnosu na zasićene, nestabilnije te im se reaktivnost povećava s porastom broja dvostrukih veza. Klasifikacija polinezasićenih masnih kiselina vrši se temeljem duljine ugljikovog lanca, broja dvostrukih veza i lokacije prve dvostruke veze u lancu (omega ( $\omega$ ) ili n-broj) od metilne skupine. Tako se u skupini omega-3 ili n-3 nezasićenih masnih kiselina prva dvostruka veza nalazi na trećem atomu ugljika nakon  $\text{CH}_3$ - skupine. Osnovni predstavnik skupine n-3 PUFA je  $\alpha$ -linolenska kiselina (18:3 n-3), a skupine n-6 PUFA linolna kiselina (18:2 n-6).

Sastav i količina masti ne određuju samo hranidbenu vrijednost i brojna organoleptička svojstva mesa (Krvavica, 2012; Wood i sur., 2008) nego imaju velik utjecaj i na čvrstoću i trajnost mesa (Wood i sur., 2004). Duljina lanca, stupanj nezasićenosti i konfiguracija molekule masne kiseline presudno utječu na fizikalna svojstva masti kao što je npr. točka topljenja. Naime, što je lanac masne kiseline duži, a broj dvostrukih veza manji, to je točka topljenja viša (Kravić, 2010). Zasićene i *trans* masne kiseline imaju višu točku topljenja od nezasićenih i *cis* masnih kiselina pa je masno tkivo s većim udjelom zasićenih masnih kiselina tvrđe. Zahvaljujući većoj razini zasićenih masnih kiselina, ovčji loj je tvrđe konzistencije u odnosu na masno tkivo drugih životinja. Osim toga ovčji loj se zbog visokog udjela stearinske masne kiseline pri konzumaciji lijepi za usnu šupljinu, a veći udio stearinske masne kiseline uvjetuje mu i višu točku topljenja, između 30 i 40 °C (Krvavica, 2012). Stupanj nezasićenih masnih kiselina u mesu, ali i različiti tehnološki postupci u proizvodnji i preradi mesa imaju značajan utjecaj na podložnost masti oksidaciji te u konačnici

stvaranja različitih nepoželjnih spojeva (aldehidi, ketoni, alkoholi, masne kiseline kratkog lanca, različiti nepoželjni radikali i dr.). Auto-oksidativne promjene mesa mogu biti i posljedica djelovanja brojnih čimbenika (povišena temperatura, visoka vlažnost zraka, svjetlost, ioni metala) na nezasićene masne kiseline s većim brojem dvostrukih veza. Osim hidroperoksida koji svoj negativan okus i aromu prenose na meso, daljnji auto-oksidativni procesi dovode do njihove razgradnje i nastanka brojnih kratkolančanih organskih spojeva (aldehidi, ketoni, alkoholi i kiseline) odgovornih za jak i odbojan ranketljiv okus i miris mesa (Resconi i sur., 2013).

Uz činjenicu da su masne kiseline najvažnija lipidna frakcija mesa, njihova uloga je i u tome što su važan izvor energije i sudjeluju u imunološkoj funkciji organizma (Yaqoob i Calder, 2007). Osim toga mogu biti i uzrokom različitih zdravstvenih problema u potrošača (Wood i sur., 2004). S obzirom da je meso glavni izvor masti u prehrani stanovništva te da mu je zastupljenost u dnevnom meniju razvijenih zemalja velika, ono izravno doprinosi ne samo visokom unosu masti nego i zasićenih masnih kiselina i kolesterola (Givens i sur., 2006). Dokazano je da visok udio zasićenih masnih kiselina u hrani pogoduje pojavi raznih bolesti srca i krvožilnog sustava kao što je ateroskleroza, hiperkolesterolemija, hipertenzija, i dr. (McAfee i sur., 2010). Sličan negativan učinak ima i većina *trans* masnih kiselina (osim izomera konjugirane linolne kiseline) kojima se pripisuje izrazito pozitivan učinak. Većina *trans* masnih kiselina uzrokuje povećanje nepovoljnijeg lipoproteina niske gustoće (engl. low density lipoproteins, LDL), triglicerida te vrlo aterogenog lipoproteina A, a snižava razinu povoljnijeg lipoproteina visoke gustoće (engl. high density lipoproteins, HDL) u krvi (Kravić, 2010). Upravo zbog navedenih zdravstvenih problema do kojih može dovesti pretjerana konzumacija masti Svjetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, 2003) preporučuje smanjenje njihovog unosa u organizam (maksimalno 15 do 30% od ukupnog broja kalorija) te posebice unosa zasićenih masnih kiselina (maksimalno 10% od ukupnog broja kalorija). Suprotno tome, utvrđeno je da povećani unos višestruko nezasićenih (polinezasićenih) masnih kiselina značajno doprinosi smanjenju rizika pojave raznih bolesti srca i krvožilnog sustava (Guler i sur., 2011; McAfee i sur., 2010). Mononezasićene masne kiseline u tom smislu imaju mali ili neutralni učinak (Lichtenstein, 2006). Bradbury (2011) i Karolyi (2007) su samo neki od istraživača koji opisuju povoljan utjecaj n-3 masnih kiselina na zdravlje potrošača pri čemu naglašavaju izuzetan značaj  $\alpha$ -linolenske kiseline, eikosapentaenoične kiseline i dokosaheksaenoične kiseline. Osim toga, preživači biohidrogenacijom nezasićenih masnih kiselina proizvode konjugiranu linolnu kiselinu koja povoljno djeluje na zdravlje ljudi na način da utječe na smanjenje LDL kolesterola, smanjuje rizik pojave dijabetesa, srčanih bolesti te nekih oblika karcinoma (McAfee i sur., 2010). S obzirom na općenito visok udio zasićenih masnih kiselina u mesu te njihov moguć negativan utjecaj na ljudsko zdravlje potrošači sve više paze ne samo na ukupnu količinu masti pojedine vrste mesa nego i na zastupljenost pojedinih masnih kiselina u mesu (Mioč i sur., 2012).

Masti su u janjećem mesu sastavljene pretežno od zasićenih i mononezasićenih masnih kiselina, dok je udio polinezasićenih masnih kiselina znatno manji. Cvrtila i sur. (2007) navode da većinu masti (oko 70%) u janjećem mesu čine mononezasićene i polinezasićene masne kiseline povoljne za ljudsko zdravlje naspram kojih je udio nepovoljnijih zasićenih masnih kiselina znatno manji. Unatoč tome, janjeće meso je zbog udjela zasićenih masnih kiselina od oko 30% (Cvrtila i

sur., 2007), odnosno od oko 40% (Wood i sur., 2008) često tema brojnih rasprava. Zasićene masne kiseline mesa mogu nastati kao derivati masnih kiselina hrane, desaturacijom u buragu iz nezasićenih masnih kiselina hrane ili sintezom iz glukoze/acetata u jetri ili adipoznom tkivu (Ledoux i sur., 2007). Od zasićenih masnih kiselina u janjećem mesu Kaić i sur. (2016) kao najzastupljenije ističu miristinsku (C14:0), palmitinsku (C16:0) i stearinsku (C18:0) masnu kiselinu. Relativno velika zastupljenost zasićenih masnih kiselina janjećeg mesa u potrošača negativno se povezuje s brojnim bolestima srca i krvožilnog sustava (Ribeiro i sur., 2011). Međutim, Daley i sur. (2010) ističu da pri tome treba svakako uzeti u obzir da pojedine zasićene masne kiseline nemaju isti učinak na ljudsko zdravlje. Tako je npr. utvrđeno da laurinska (C12:0) i miristinska (C14:0) kiselina imaju znatno veći učinak na podizanje razine ukupnog kolesterola od palmitinske (C16:0) kiseline. Suprotno tome, utvrđeno je da stearinska (C18:0) kiselina ima neutralno djelovanje na razinu ukupnog serum kolesterola, uključujući pri tome neutralan učinak na razinu lipoproteina niske gustoće (engl. low-density lipoprotein, LDL) i lipoproteina visoke gustoće (engl. high-density lipoprotein, HDL).

Unutar skupine mononezasićenih masnih kiselina u janjećem mesu Kaić i sur. (2016) ističu značajan udio oleinske (C18:1) kiseline, dok unutar skupine polinezasićenih masnih kiselina navode značajan udio linolne (C18:2) i  $\alpha$ -linolenske (C18:3) kiseline. Sadržaj oleinske (C18:1) kiseline u mesu ovisi o razini unesenih izvora hrane u kojoj je najviše zastupljena (kukuruz, orašasti plodovi, sjemenje) i endogenoj sintezi iz stearinske masne kiseline kompleksnim enzimom  $\Delta 9$ -desaturaze (McAfee i sur., 2010). Oleinska (C18:1) kiselina smanjuje razinu kolesterola i triglicerida u krvi, djeluje protuupalno na autoimune bolesti, sudjeluje u zamjeni zasićenih sa *cis*-nezasićenim masnim kiselinama čime ujedno smanjuje rizik od kardiovaskularnih oboljenja, i pojave karcinoma, poboljšava funkciju imunološkog sustava i dr. (Sales-Campos i sur., 2013). Linolna (C18:2) i  $\alpha$ -linolenska (C18:3) kiselina spadaju u esencijalne masne kiseline, što znači da ih organizam ljudi ljudi i drugih sisavaca ne može sintetizirati (zbog nepostojanja odgovarajućih enzima) te ih je potrebno unositi hranom. Veliki izvori linolne kiseline nalaze se u uljima žitarica (kukuruzno, suncokretovo, sojino) i u različitim biljnim klicama, a  $\alpha$ -linolenske (C18:3) kiseline u lišću biljaka i trava. Linolna (C18:2) i  $\alpha$ -linolenska (C18:3) kiselina se u organizmu elongiraju i desaturiraju u više polinezasićene masne kiseline, odnosno u arahidonsku (C20:4 n-6) koja nastaje iz linolne te eikosapentaenoičnu (C22:5 n-3) i dokosaheksaenoičnu (C22:6 n-3) kiselinu koje nastaju iz  $\alpha$ -linolenske (C18:3) kiseline. Pri tome je važno napomenuti da između linolne (C18:2) i  $\alpha$ -linolenske (C18:3) kiseline postoji kompeticija u prevođenju u dugolančane višestruko nezasićene masne kiseline jer u procesu sudjeluju isti enzimi. Istraživanja su pokazala da je  $\alpha$ -linolenska (C18:3) kiselina poželjniji supstrat za aktivnost enzima, a ako u supstratu ima puno više linolne (C18:2) u odnosu na  $\alpha$ -linolensku (C18:3) kiselinu dolazi do veće sinteze i odlaganja dugolančanih masnih kiselina iz linolne kiseline (Williams i Burdge, 2006). Linolnu (C18:2) i  $\alpha$ -linolensku (C18:3) kiselinu ubrajamo u prekursore jakih lipidnih medijatora eikosanoida koji imaju važnu ulogu u regulaciji raznih upala (Wall i sur., 2010).

U tablici 1. su prikazane prosječne zastupljenosti masnih kiselina u govedskom, telećem, janjećem i svinjskom mesu izražene u  $g \cdot 10^{-2}$  g jestive porcije (Williams, 2007). U odnosu na govedinu, teletinu i svinjetinu, janjetina ima najveći udio

zasićenih masnih kiselina, ali i mono i polinezasićenih masnih kiselina. Sa zajedničkim udjelom mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina (2,669 g) janjeće meso sadrži znatno više povoljnijih masnih kiselina u odnosu na nepovoljnije zasićene masne kiseline (1,730 g). Ukoliko se gleda omjer nezasićenih i zasićenih masnih kiselina, on je znatno povoljniji u svinjetini negoli u ostalim vrstama mesa.

Table 1. Fatty acid profile of beef, veal, lamb and pork meats, expressed in  $g \cdot 10^{-2}$  g edible portion (Williams, 2007)

Tablica 1. Sastav masnih kiselina govedskog, telećeg, janjećeg i svinjskog mesa, izraženo u  $g \cdot 10^{-2}$  g jestive porcije (Williams, 2007)

Masna kiselina Fatty acid	Govedina Beef	Teletina Veal	Janjetina Lamb	Svinjetina Pork
C14:0	0.096	0.034	0.101	0.010
C15:0	0.012	0.006	0.016	0.000
C16:0	0.607	0.215	0.842	0.250
C17:0	0.028	0.009	0.051	0.000
C18:0	0.356	0.119	0.644	0.130
Ukupno / Total	1.149	0.409	1.730	0.400
C14:1	0.025	0.007	0.004	0.000
C16:1	0.082	0.033	0.066	0.030
C18:1	1.103	0.356	1.995	0.390
C20:1	0.015	0.048	0.010	0.010
Ukupno / Total	1.205	0.399	2.066	0.430
C18:2 n-6	0.204	0.090	0.321	0.120
C18:3 n-3	0.048	0.022	0.072	0.010
C20:3 n-6	0.020	0.012	0.009	0.003
C20:4 n-6	0.076	0.056	0.094	0.019
C20:4 n-3	0.031	0.028	0.028	0.000
C20:5 n-3	0.051	0.033	0.044	0.006
C20:6 n-3	0.006	0.003	0.013	0.004
Ukupno / Total	0.448	0.259	0.603	0.200

Nutritivna vrijednost mesa je određena omjerom zasićenih i (poli) nezasićenih masnih kiselina te omjerom n-6 i n-3 nezasićenih masnih kiselina (Warren i sur., 2008). Smatra se da je omjer nezasićenih i zasićenih masnih kiselina iznad 0,45 te n-6 i n-3 nezasićenih masnih kiselina ispod 4,0 poželjan u prehrani ljudi jer smanjuje razinu krvožilnih oboljenja i pojavu karcinoma (Warren i sur., 2008; Wood i sur., 2004). Općenito je za meso preživača karakteristično da u odnosu na meso nepreživača zbog biohidrogenizacije masti ima niži i nepovoljniji omjer nezasićenih i zasićenih masnih kiselina. Nasuprot tome, omjer n-6 i n-3 masnih kiselina u mesu preživača je

nizak i povoljniji za ljudsko zdravlje od mesa nepreživača (Klir i sur., 2012). Upravo zbog toga cilj novijih znanstvenih istraživanja je utvrditi učinkovite načine povećanja omjera nezasićenih i zasićenih masnih kiselina u mesu preživača te korigirati neravnotežu omjera n-6 i n-3 masnih kiselina u mesu nepreživača (Klir i sur., 2012). Brojna istraživanja pokazuju da na sastav masnih kiselina janječeg mesa najviše utječe hranidba, zatim pasmina, spol, dob, tjelesna masa pri klanju te anatomska pozicija mišića (Borys i sur., 2012; Juárez i sur., 2008; Wood i sur., 2008).

### **Čimbenici koji utječu na masnokiselinski sastav**

Većina autora je suglasna da na zastupljenost pojedinih masnih kiselina utječe više čimbenika među kojima je najvažnija hranidba (De Smet i sur., 2004; Guler i sur., 2011; Klir i sur., 2012). Sastav masnih kiselina u mesu sisajuće janjadi određen je masno-kiselinskim sastavom mlijeka, dok u mesu janjadi dodatno prihranjivane ili tovljene isključivo čvrstim krmivima, sastav i omjer zasićenih i nezasićenih masnih kiselina ovisi i o vrsti konzumirane hrane (Wood i sur., 2008). S obzirom da burag sisajuće janjadi nije funkcionalan, biohidrogenacija masnih kiselina je zanemariva. U prvim tjednima života janjadi masne kiseline apsorbirane u crijevima čine većinu ukupnih masnih kiselina ugrađenih u organizam, a tek 6 - 20% su novo sintetizirane masne kiseline (Mioč i Vnućec, 2010). Budući da je ovčje mlijeko (bogato zasićenim masnim kiselinama) osnovna hrana janjadi u prvim tjednima života, u mesu sisajuće janjadi dominiraju zasićene masne kiseline (Díaz i sur., 2003). Po odbiću, kada janjad počne konzumirati čvrsta krmiva, u mesu dolazi do značajnijeg smanjenja relativne koncentracije zasićenih masnih kiselina (Radzik-Rant i sur., 2012).

Meso janjadi hranjene voluminoznom krmom i držane na paši ima znatno veći udio n-3 PUFA, CLA i povoljniji n-6/n-3 omjer masnih kiselina (Cividini i sur., 2008; Cividini i sur., 2014; Guler i sur., 2011) negoli meso janjadi držane u staji i hranjene pretežno krepkim krmivima. Znatno veći i povoljniji udio n-3 masnih kiselina u mesu pašne janjadi se pripisuje njihovom većem sadržaju u voluminoznoj krmu. Uz to, svježja voluminozna krma je i bogat izvor antioksidanata poput tokoferola, karotenoida, askorbinske kiseline i fenolnih spojeva. Navedeni antioksidanti mogu suzbiti povećanu podložnost mesa oksidativnim promjenama uzrokovanih znatnim sadržajem polinezasićenih masnih kiselina u intramuskularnoj masti pašnih životinja (Luciano i sur., 2009). Nasuprot tome, meso janjadi hranjene pretežno krepkim krmivima ima znatno veći udio n-6 PUFA i veći omjer n-6/n-3 masnih kiselina (Cividini i sur., 2014; Popova, 2007) koji uvelike prelazi vrijednost 4,0 što svakako nije poželjno u ljudskoj prehrani (World Health Organization, 2003). Brojni autori smatraju da se primjenom i poznavanjem utjecaja pojedine hrane (mlijeko, voluminozna i krepka krmiva te različiti hranidbeni dodaci) na meso janjadi te njihovom kombinacijom može znatno modelirati masno-kiselinski sastav (Carrasco i sur., 2009; Cividini i sur., 2014; Klir i sur., 2012).

Utjecaj pasmine ovaca na masno-kiselinski sastav mesa je također od velike važnosti. Razlike između genotipova posljedica su različitih fizioloških procesa koji određuju intenzitet nakupljanja masti. Díaz i sur. (2005) su utvrdili značajne razlike u zamašćenosti janjećih trupova Rasa Aragonesa, Suffolk i Corriedales pasmine te posljedično tome i razlike u masno-kiselinskom sastavu njihova mesa. Nasuprot tome, Santos-Silva i sur. (2002) u trupovima janjadi Merino Branco i Ile de France x

Merino Branco pasmine podjednake tjelesne mase i neznatnih razlika u zamašćenosti nisu utvrdili statistički značajne razlike u masno-kiselinskom sastavu njihova mesa.

Spol utječe ne samo na količinu masti nego i na sastav masnih kiselina u intramuskularnoj i potkožnoj masnoći janječeg trupa. Borys i sur. (2012), Cividini i sur. (2008) i Díaz i sur. (2003) navode da meso ženske janjadi ima znatno više mononezasićenih masnih kiselina od mesa muške janjadi. Cividini i sur. (2008), Kaić (2013) i Yarali i sur. (2014) su u intramuskularnoj masti mišićnog tkiva trupova muške janjadi utvrdili znatno veće udjele polinezasićenih masnih kiselina. Hopkins (2015) zaključuje da se znatno veći sadržaj polinezasićenih masnih kiselina može objasniti time što ženska janjad ulaskom u reproduktivnu fazu sintetizira veću količinu dugolančanih n-3 masnih kiselina potrebnih za proizvodnju serije 3 eikosaoida povezanih s ovulacijom, koncepcijom i gravidnošću. Međutim, Díaz i sur. (2003) nisu utvrdili statistički značajan utjecaj spola janjadi na sadržaj polinezasićenih masnih kiselina intramuskularne masti. U intramuskularnoj masti mišićnog tkiva trupa muške janjadi navode znatno veći udio zasićenih masnih kiselina, dok Cividini i sur. (2008), Kaić (2013) i Yarali i sur. (2014) nisu utvrdili statistički značajan utjecaj spola janjadi na sadržaj zasićenih masnih kiselina intramuskularne masti mišićnog tkiva. Díaz i sur. (2003) tvrde da je u potkožnoj masnoći trupova ženske janjadi, u odnosu na mušku, znatno više polinezasićenih masnih kiselina. Mezöszentgyörgyi i sur. (2001) smatraju da trup ženske janjadi zbog znatno veće zamašćenosti, u odnosu na trup muške janjadi, u potkožnoj masnoći ima znatno manje polinezasićenih masnih kiselina te više zasićenih masnih kiselina. Nasuprot tome, Horcada-Ibáñez i sur. (2009) nisu utvrdili značajne razlike u sadržaju polinezasićenih masnih kiselina između trupova muške i ženske janjadi.

Dob i tjelesna masa janjadi pri klanju su izravno povezani s masno-kiselinskim sastavom janječeg mesa. Općenito se može reći da se s povećanjem tjelesne mase janjadi udio nezasićenih masnih kiselina u janjećem mesu povećava, a udio zasićenih masnih kiselina smanjuje (Júarez i sur., 2009). Navedene udjele skupina masnih kiselina i njihove omjere neki autori uglavnom pripisuju većem stupnju zamašćenja u starijih grla (Santos-Silva i sur., 2002), dok neki smatraju da pri tome veliku ulogu ima hranidba, fiziologija probavnog sustava (preživači i nepreživači; sisajuća i odbijena janjad) te spol janjadi (Cividini i sur., 2008; Cividini i sur., 2014; Júarez i sur., 2009). Uz to, Okeudo i Moss (2007) tvrde da treba uzeti u obzir činjenicu da povećanje/smanjenje količine pojedinih masnih kiselina nije uvijek linearno. Autori navode da se s povećanjem tjelesne mase janjadi linearno povećava i količina palmitinske (C16:0) kiseline, dok se količina miristinske (C14:0) kiseline znatno smanjuje.

Anatomska pozicija masnog (potkožno, inter- i intramuskularno te masno tkivo tjelesnih šupljina) i mišićnog tkiva uvjetuju ne samo količinu masti nego i njegov sastav u janjećem trupu. Količine pojedinih masnih kiselina potkožnog i intermuskularnog masnog tkiva (Júarez i sur., 2008) te bubrežnog i zdjeličnog masnog tkiva (Castro i sur., 2005) se znatnije ne razlikuju, dok se nasuprot njima sastav intramuskularne masti mišićnog tkiva janječeg trupa znatno razlikuje. Općenito se smatra da u janjećem mesu, u odnosu na ostale naslage tjelesne masti, intramuskularna mast sadrži znatno veći udio polinezasićenih masnih kiselina. Borys i sur. (2012) tvrde da su fiziološki različiti procesi stvaranja naslaga pojedine masti u

trupu i njihova različita funkcija uzrok postojanja različitog masno-kiselinskog sastava između mesa životinja. Anatomska pozicija mišića također može utjecati na udjele pojedinih masnih kiselina u određenom dijelu janječeg trupa (Vacca i sur., 2008). Pri tome se glavne razlike vežu uz sadržaj (poli) nezasićenih masnih kiselina koje se najčešće objašnjava metaboličkim tipom mišićnih vlakana. Naime, crvena mišićna vlakna u odnosu na bijela imaju znatno više fosfolipida te samim time i veći udio polinezasićenih masnih kiselina (Wood i sur., 2004).

## Zaključak

Sadržaj masti i zastupljenost pojedinih masnih kiselina u janjećem mesu ovisi o brojnim čimbenicima među kojima su posebice važni genotip, dob životinje, spol, hranidba, način držanja i anatomska pozicija mišića. Poznavanje navedenih čimbenika pruža mogućnost kreiranja i primjene raznih tehnoloških i selekcijskih postupaka koji mogu značajnije poboljšati sadržaj masti, a samim time zastupljenost i omjer pojedinih masnih kiselina u mesu. Manipulacija sastava masti i masnih kiselina na taj način pruža mogućnost „modifikacije“ mesa koje bi u većoj ili manjoj mjeri zadovoljilo zahtjeve i želje potrošača.

## Literatura

- Abdullah, Y. A., Qudsieh, R. I. (2008) Carcass characteristics of Awassi ram lambs slaughtered at different weights. *Livestock Science*, 117 (2-3), 165–175.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.020>
- Atti, N., Mahouachi M. (2009) Effects of feeding system and nitrogen source on lamb growth, meat characteristics and fatty acid composition. *Meat Science*, 81 (2), 344–348. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.08.011>
- Belo, A. T., Almeida, C. M. B., Ribeiro, J. M. B., Belo, C. C. (2005) Fatty acid profile of intramuscular fat from different genotype lambs slaughtered at 25 kg live weight. *Options Méditerranéennes*, 67, 179–181.
- Borys, B., Oprządek, J., Borys, A., Przegalińska-Gorączkowska M. (2012) Lipid profile of intramuscular fat in lamb meat. *Animal Science Papers and Reports*, 30 (1), 45–56.
- Bradbury, J. (2011) Docosahexaenoic Acid (DHA): An ancient nutrient for the modern human brain. *Nutrients*, 3, 529–554.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu3050529>
- Carrasco, S., Ripoll, G., Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Panea, B., Revilla, R., Joy, M. (2009) Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Science*, 121 (1), 56–63.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2008.05.017>
- Castro, T., Manso, T., Mantecón, A. R., Guirao, J., Jimeno, V. (2005) Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lamb fed diets containing palm oil supplements. *Meat Science*, 69 (4), 757–764.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.008>

- Cividini, A., Levart, A., Žgur, S. (2008) Fatty acid composition of lamb meat as affected by production system, weaning and sex. *Acta agriculturae Slovenica*, 2, 47–52.
- Cividini, A., Levart, A., Žgur, S., Kompan, D. (2014) Fatty acid composition of lamb meat from the autochthonous Jezersko-Solčava breed reared in different production systems. *Meat Science*, 97 (4), 480–485. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.012>
- Cvrtila, Ž., Kozačinski, L., Hadžiosmanović, M., Zdolec, N., Filipović, I. (2007) Kakvoća janječeg mesa. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 9 (2), 114–120.
- Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., Larson, S. (2010) A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, 1–12. DOI: [10.1186/1475-2891-9-10](http://dx.doi.org/10.1186/1475-2891-9-10)
- De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D. (2004) Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53 (2), 81–98.
- Díaz, M. T., Álvarez, I., De la Fuente, J., Sañudo, C., Campo, M. M., Oliver, M. A., Font i Furnols, M., Montossi, F., San Julián, R., Nute, G. R., Cañeque V. (2005) Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71 (2), 256–263. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.020>
- Díaz, M. T., Velasco, S., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F., Cañeque V. (2003) Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science*, 65 (3), 1085–1093. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00326-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00326-1)
- Gandemer, G. (2002) Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, 62 (3), 309–321. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00128-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00128-6)
- Givens, D. I., Kliem, K. E., Gibbs, R. A. (2006) The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science*, 74 (1), 209–218. DOI: [10.1016/j.meatsci.2006.04.008](http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.008).
- Grebens, F. (2004) Genetic control of intramuscular fat accretion. In: M. F. W. Pas, M. E. Everts, H. P. Haagsman, eds. (2004) *Muscle Development of Livestock Animals: Physiology, Genetics and Meat Quality*. Wallingford: CABI Publishing, 343–361.
- Guler, G. O., Aktumsek, A., Karabacak, A. (2011) Effect of feeding regime on fatty acid composition of longissimus dorsi muscle and subcutaneous adipose tissue of Akkaraman lambs. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 17 (6), 885–892.
- Hopkins, D. (2015) Sheep Quality. Effect of breed, genetic type, gender and age on meat quality. In: W. Przybylski, D. Hopkins, eds. (2015) *Meat quality: genetic and environmental factors*. New York: CRC Press, 391–417.

- Horcada-Ibáñez, A., Beriain-Apesteguía, M., Lizaso-Tirapu, G., Insausti-Barrenetxea, K., Purroy-Unanua, A. (2009) Effect of sex and fat depot location on fat composition of Rasa Aragonesa lambs. *Agrociencia*, 43 (8), 803–813.
- Juárez, M., Horcada, A., Alcalde, M. J., Valera, M., Mullen, A. M., Molina, A. (2008) Estimation of factors influencing fatty acid profiles in light lambs. *Meat Science*, 79, 203–210. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.08.014](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.08.014)
- Juárez, M., Horcada, A., Alcalde, M. J., Valera, M., Polvillo, O., Molina A. (2009) Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Science*, 83 (2), 308–313. DOI: [10.1016/j.meatsci.2009.05.017](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.017)
- Kaić, A. (2013) Fizikalno-kemijska svojstva mesa i sastav trupa janjadi ličke pramenke. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
- Kaić, A., Mioč, B., Kasap, A., Potočnik, K. (2016) Meta-analysis of intramuscular fatty acid composition of Mediterranean lambs. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding*, 59 (1), 1–8. DOI: [10.5194/aab-59-1-2016](https://doi.org/10.5194/aab-59-1-2016)
- Karolyi, D. (2007) Polinezasićene masne kiseline u prehrani i zdravlju ljudi. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 9 (3), 151–157.
- Klein Júnior, M. H., Siqueira, E. R., Roça, R. O. (2008) Composição tecidual e qualidade da gordura na carne de cordeiros castrados e não castrados confinados sob dois fotoperíodo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60 (2), 461–469.
- Klir, Ž., Antunović, Z., Halas, V., Domaćinović, M., Šperanda, M., Novoselec, J., (2012) Modeliranje masnokiselinskog sastava janječeg mesa hranidbom. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 14 (1), 43–49.
- Kravić, S. (2010) Određivanje *trans* masnih kiselina u prehrambenim proizvodima gasnom hromatografijom-masenom spektrometrijom. Doktorska disertacija, Tehnološki Fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- Krvavica, M. (2012) Kvalitativne promjene različitih kategorija ovčjeg mesa u procesu sušenja i salamurenja. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
- Ledoux, M., Juanéda, P., Sébédio, J. L. (2007) Trans fatty acids: Definition and occurrence in foods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 891–900. DOI: [10.1002/ejlt.200600276](https://doi.org/10.1002/ejlt.200600276)
- Lichtenstein, A. H. (2006) Dietary fat, carbohydrate and protein: effects on plasma lipoprotein patterns. *Journal of Lipid Research*, 47, 1661–1667.
- Lobley, G. E., Conell, A., Milne, E., Burchan, V., Galder, A. G., Anderson, S. E., Vint, H. (1990) Muscle protein synthesis in response to testosterone administration in wether lambs. *British Journal of Nutrition*, 64, 691–704.
- Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., Priolo A. (2009) Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*, 82 (2), 193–199. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.010>

- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham M. P. (2010) Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84 (1), 1–13. DOI: [10.1016/j.meatsci.2009.08.029](http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029).
- Menrad, K. (2003) Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56 (2-3), 181–188. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00247-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00247-9)
- Mezőszentgyörgyi, D., Husvéth, F., Lengyel, A., Szegleti, C., Komlósi, I. (2001) Genotype-related variations in subcutaneous fat composition in sheep. *Animal Science*, 72 (3), 607–612.
- Mioč, B., Pavić, V., Sušić, V. (2007) *Ovčarstvo*. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.
- Mioč, B., Prpić, Z., Barać, Z., Vnučec, I. (2012) Istarska ovca hrvatska izvorna pasmina. Zagreb: Hrvatski savez uzgajivača ovaca i koza.
- Mioč, B., Vnučec, I. (2010) Paška janjetina. U: Hrvatska poljoprivredna agencija, Dani paške ovce i paškog sira, 1. savjetovanje uzgajivača paške ovce. Pag, 03. srpnja 2010., Pag: Hrvatska poljoprivredna agencija.
- Okeudo, N. J., Moss, B. W. (2007) Intramuscular lipid and fatty acid profile of sheep comprising four sex-types and seven slaughter weights produced following commercial procedure. *Meat Science*, 76 (2), 195–200. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.017>
- Peña, F., Cano, T., Domenech, V., Alcalde, M. J., Martos, J., García-Martinez, A., Herrera, M., Rodero, E. (2005) Influence of sex, slaughter weight and carcass weight on “non-carcass” and carcass quality in seguraña lambs. *Small Ruminant Research*, 60 (3), 247–254. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.12.011>
- Perlo, F., Bonato, P., Teira, G., Tisocco, O., Vicentin, J., Pueyo, J., Mansilla, A. (2008) Meat quality of lambs produced in the Mesopotamia region of Argentina finished on different diets. *Meat Science*, 79 (3), 576–581. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.005>
- Popova, T. (2007) Effect of the rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of the *M. longissimus lumborum* and *M. semimembranosus* in lambs. *Small Ruminant Research*, 71 (1-3), 150–157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.06.001>
- Radzik-Rant, A., Rant, W., Rozbicka-Wieczorek, A., Kuźnicka, E. (2012) The fatty acid composition of longissimus lumborum muscle of suckling and early-weaned dual-purpose wool/meat lambs. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding*, 55 (3), 285–293.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2004) Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113 (1-4), 199–221. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.09.001>

- Resconi, C. V., Escudero, A., Campo, M. M. (2013) The development of aromas in ruminant meat. *Molecules*, 18, 6748–6781. DOI: [10.3390/molecules18066748](https://doi.org/10.3390/molecules18066748)
- Ribeiro, C. V. D. M., Oliveira, D. E., Juchem, S. O., Silva, T. M., Nalério, É. S. (2011) Fatty acid profile of meat and milk from small ruminants: a review. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 121–137.
- Robelin, J., Theriez, M. (1981) Fixation de protéines les ruminants: évolution en fonction du poids des animaux et variation selon la race, le sexe on le niveau des apports alimentaires. *Reproduction Nutrition Development*, 21 (2), 335–353.
- Saatchi, M., Garrick, D. J., Tait, R. G., Mayes, M. S., Drewnoski, M., Schoonmaker, J., Diaz, C., Beitz, D. C., Reecy, J. M. (2013) Genome-wide association and prediction of direct genomic breeding values for composition of fatty acids in Angus beef cattle. *BMC Genomics*, 14, 1471–2164. DOI: [10.1186/1471-2164-14-730](https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-730)
- Sales-Campos, H., de Souza, P. R., Peghini, B. C., da Silva, J. S., Cardoso, C. R., (2013) An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 13 (2), 1–10.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., Santos-Silva, F. (2002) Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs 2. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77 (2-3), 187–194. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)
- Skapetas, B., Sinapis, E., Hatziminaoglou, J., Karalazos, A., Katanos, J. (2006) Effect of age at slaughter on carcass characteristics and carcass composition in lambs of mountain Greek breeds. *Czech Journal of Animal Science*, 51 (7), 311–317.
- Vacca, G. M., Carcangiu, V., Dettori, M. L., Pazzola, M., Mura, M. C., Luridiana, S., Tilloca, G. (2008) Productive performance and meat quality of Mouflon x Sarda and Sarda x Sarda suckling lambs. *Meat Science*, 80 (2), 326–334. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.12.016](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.016)
- Wall, R., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Stanton, C. (2010) Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids. *Nutrition Reviews*, 68 (5), 280–289. DOI: [10.1111/j.1753-4887.2010.00287.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00287.x).
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., Wood, J. D. (2008) Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages – I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78 (3), 256–269. DOI: [10.1016/j.meatsci.2007.06.008](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.008).
- Williams, C. M., Burdge, G. (2006) Long-chain n-3 PUFA: plant v. marine sources. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65 (1), 42–50.
- Williams, P. G. (2007) Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64 (4), S113–S119.

- Williamson, C. S., Foster, R. K., Stanner, S. A., Buttriss, J. L. (2005) Red meat in the diet. *Nutrition Bulletin*, 30, 323–355.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., Whittington, F. M. (2008) Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78 (4), 343–358. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R., Enser, M. (2004) Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66 (1), 21–32. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- World Health Organization (2003) Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation, WHO Technical Report Series no. 916. Geneva: World Health Organization.
- Yaqoob, P., Calder, P. C. (2007) Fatty acids and immune function: new insights into mechanisms. *British Journal of Nutrition*, 98 (1), S41–S45.
- Yarali, E., Yilmaz, O., Cemal, I., Karaca, O., Taşkin T. (2014) Meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38, 452–458. DOI: [10.3906/vet-1309-79](http://dx.doi.org/10.3906/vet-1309-79)