

# STRATEGIJA PROIZVODNJE FUNKCIONALNE HRANE ANIMALNOG PORIJEKLA

Marenjak<sup>1</sup>, T. S., I. Delaš<sup>2</sup>, I. Štoković<sup>3</sup>, N. Poljičak-Milas<sup>1</sup>

## SAŽETAK

Proizvodnja funkcionalne hrane animalnog porijekla zahtjeva postupke utemeljene na znanstveno potvrđenim saznanjima koja obuhvaćaju cjelokupni hranidbeni lanac. Pri tome ne treba zanemariti fiziološke, no niti psihološke učinke koje takva hrana može imati na ljude. S obzirom da se ljudski genom nije promijenio od razdoblja paleolitika, a hranidbene navike i način života ljudi modernog doba su se uvelike odmaknuli od tog vremena, razvile su se kronične degenerativne bolesti. Masne kiseline, naročito n-3 nezasićene kiseline, važne su biološki aktivne molekule kojima se pripisuje niz pozitivnih učinaka u prevenciji i poboljšanju zdravlja ljudi i životinja. Neki od modula koji se koriste za povećanje unosa n-3 nezasićenih masnih kiselina su: povećanje udjela navedenih masnih kiselina u hrani farmskih životinja ili uzgoj životinja poželjnijeg genotipa. Bez obzira na način povećanja unosa poželjnih masnih kiselina ne treba zanemariti dobrobit i zdravlje životinja, jer će stresu izložene životinje već u osnovi imati drugačije potrebe za unosom pojedinih hranidbenih sastojaka, od kojih su n-3 nezasićene masne kiseline iznimno važne.

U ovom članku prikazane su neke od mogućnosti povećanja sadržaja n-3 nezasićenih masnih kiselina u mesu i ostalim proizvodima animalnog porijekla, odnosno u hrani, koja će moći zadovoljiti kriterije funkcionalne hrane.

**Ključne riječi:** uzgoj životinja, funkcionalna hrana, zdravlje, n-3 nezasićene masne kiseline

## UVOD

Tijekom posljednjih godina u području znanosti o hrani, a pri tome mislimo i na hranu za životinje, velika se važnost pridaje razumijevanju uloge pojedinih sastojaka hrane kao modulatora tjelesnih funkcija, sastojaka koji održavaju zdravlje i dobrobit organizma, ili pak sudjeluju u prevenciji i smanjivanju rizika nastanka sve učestalijih

kroničnih bolesnih stanja u populaciji. Osim što hranom podržavamo životno važne procese u organizmu, ona pruža osjećaj zadovoljstva, posebice ukoliko podržava trend koji je sve više prisutan među potrošačima, a to je da hrana pruža zaštitnu ulogu od nekih bolesti i pozitivno utječe na zdravlje. Prema tome, hrana na području zapadne civilizacije nadilazi potrebe pukog preživljavanja i zadovoljavanja gladi. Pojedini njezini sastojci dobivaju epitet «funkcionalan» prema definiciji koja govori da se hrana može proglasiti funkcionalnom ako «pojedini njezini sastojci djeluju pozitivno na jednu ili ograničen broj tjelesnih funkcija u jednom od ciljanih načina, ili djelujući na dobrobit i zdravlje, odnosno u smislu smanjenja rizika bolesti» (Bellisle i sur., 1998). Clydesdale (1997) tumači da funkcionalna hrana ima fiziološku ili psihološku konotaciju izvan njezinog tradicionalnog učinka. U propisima Europske Unije iz područja hrane navedeno je slijedeće: «zdravstvena namjena ili tvrdnja znači bilo koju namjenu koja sugerira, koja se odnosi ili tvrdi da postoji međuovisnost između prehrane kategorije, hrane ili pojedinih njezinih sastojaka i zdravlja» (Regulation EC, No 1924/2006), dok «strukturna ili funkcionalna tvrdnja govori o koristi pojedinog sastojka hrane u odnosu na bolest» (Balenić i Pollak, 2007).

Razvoj i kreiranje funkcionalne hrane je znanstveno iskušenje koje mora biti ispred ekonomskog iskušenja, a koje se mora zasnovati na znanstveno utemeljenim koracima prikazanim na slici 1. Ciljana područja razvoja funkcionalne hrane ostvaruju se u nekoliko smjerova i to u odnosu na: gastrointestinalni trakt, redoks i antioksidativni sustav, metabolizam makronutrientata, rani fetalni razvoj i život novorođenčadi, metabolizam ksenobiotika, tjelesnu aktivnost, raspoloženje i mentalne sposobnosti. Značajno područje u razvoju funkcionalne hrane zauzima također animalna proizvodnja, posebice mesa, jaja te mlijeka i mliječnih proizvoda. Kada su u pitanju farmske životinje proizvodnja funkcionalne hrane prvenstveno je vezana uz

<sup>1</sup> Dr. sc. Terezija Silvija Marenjak, prof. dr. sc. Nina Poljičak-Milas Zavod za patološku fiziologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> Doc. dr. sc. Ivančica Delaš, Zavod za kemiju i biokemiju, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šalata 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>3</sup> Dr. sc. Igor Štoković, Zavod za stočarstvo, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Hrvatska

način hranidbe, čime se nastoji povećati ili smanjiti udio biološki aktivne komponente u njihovim proizvodima i izlučevinama. Pri tome hranidba mora biti primjerena za pojedinu kategoriju životinja djelujući na njihovu dobrobit i zdravlje, a time, posredno, i na zdravlje i dobrobit ljudi. U ovom članku obrađen je samo jedan dio istraživanja iz područja funkcionalne hrane koji se odnosi na višestruko nezasićene masne kiseline, a čiji izvor mogu biti proizvodi životinja hranjenih ili selektiranih na specifičan način, kako bi se povećao udio n-3 nezasićenih masnih kiselina u proizvodima, sa svrhom smanjenja rizika kardiovaskularnih i metaboličkih bolesti ljudi putem biološki aktivnih makromolekula.

### MASNE KISELINE, HRANIDBA I SELEKCIJA

Iz vlastitih saznanja i literaturnih navoda moguće je zaključiti da se uvođenjem određene prakse u hranidbi i uzgoju proizvodnih životinja može povećati sadržaj n-3 nezasićenih i ostalih poželjnih masnih kiselina u mesu, mlijeku i jajima. Prema tome, ukoliko se usvoji određena strategija hranidbe životinja, rezultati mogu biti vidljivi već u kraćem vremenskom razdoblju. Kemijski sastav proizvoda životinjskog porijekla, naročito pojedinih sastojaka kao što su masne kiseline, godinama privlači veliku pažnju stručnjaka upravo zbog njihovog utjecaja na ljudsko zdravlje. Iznimno važna činjenica o promjeni omjera n-6/n-3 nezasićenih masnih kiselina u prehrani ljudi postala je razlogom zabrinutosti jer se taj omjer drastično povećao u korist n-6 nezasićenih masnih kiselina zbog zapadnog načina života i prehrane u kojoj je sve manje ribe i povrća. Istim slijedom mijenjao se sadržaj masti i sastav masnih kiselina od pašno pa do intezivno držanih i hranjenih životinja u modernim tehnološkim uvjetima. Spomenuti razlozi doveli su do novih izazova koji su postavljeni pred stručnjake koji se brinu o hranidbi i uzgoju životinja, a time posredno i o zdravlju i dobrobiti ljudi.

Veći broj studija imao je za cilj razraditi metodu hranidbe proizvodnih životinja kako bi se u mesu postigao željeni omjer nezasićenih u odnosu na zasićene masne kiseline (N/Z) u preporučenim vrijednostima (veći od 0,7), te omjer n-6/n-3 manji od 5. S obzirom na poznatu učinkovitost pojedinih n-3 nezasićenih masnih kiselina, eikozapentaenske i dokozaheksaenske kiseline (EPA; C20:5n-3 i DHA; C22:6n-3), razmatra se također njihov idealan omjer u obroku i pretpostavlja se da bi trebao biti približno 1,6. Za taj se omjer smatra da najučinkovitije sprječava poremećaje izazvane upalnim stanjima kao što su artritis i sistemski lupus eritematosus, kao i razvoj ateroskleroze i pojedinih malignih procesa (Bhattacharya i sur., 2007). Preporučena dnevna doza EPA+DHA iznosi 0,45 g, a potrebe rastu u zadnjoj trećini graviditeta i u laktaciji. Novija saznanja ukazuju da su pojedini metabolički poremećaji, poput osteoporoze, također povezani uz

veći dnevni unos n-6 u odnosu na n-3 nezasićene masne kiseline (Weiss i sur., 2005). Stoga se nameće potreba mijenjanja njihovog nepovoljnog omjera u prehrani ljudi i hranidbi životinja. Ciljano se nastoji smanjiti udio linolne kiseline (LA), a povećati udio linolenske (LNA), te povećati izravni priljev dugolančanih i višestruko nezasićenih masnih kiselina (LCPUFA - engl. long chain polyunsaturated fatty acids).

Dnevni unos n-3 nezasićenih masnih kiselina može se povećati direktno, obogaćivanjem proizvoda životinjskog porijekla n-3 nezasićenim masnim kiselinama, ili indirektno određenom strategijom hranidbe životinja. Također se raspravlja o odabiru i uzgoju životinja poželjnijeg udjela masti i sastava masnih kiselina (Fernández i sur., 2002, Knight i sur., 2004; Karamichou i sur., 2006). De Smet i sur. (2004) su potvrdili da je omjer N/Z većinom genetski uvjetovan, dok je, za ljudsko zdravlje znatno važniji, omjer n-6/n-3 nezasićenih masnih kiselina, ovisan o sastavu masnih kiselina u obroku. Povećavanjem udjela n-3 nezasićenih masnih kiselina u obroku uzgojnih životinja povećava se i njihov udio u intramuskularnom masnom tkivu s istovremenim smanjenjem udjela n-6 nezasićenih masnih kiselina. Važno je napomenuti da se mast i masne kiseline u mišiću nalaze unutar i između mišićnih vlakana. Također treba naglasiti da je mast u intramuskularnom (međumišićnom) masnom tkivu pohranjena u masnim stanicama koje su izolirane ili se nalaze u skupinama uzduž mišićnih vlakana, te u interfascikularnom području, a sastoji se pretežno od triacilglicerola (TAG), fosfolipida i kolesterola. Knight i sur. (2004) tvrde na temelju svojih istraživanja, suprotno očekivanjima, da sastav TAG, koji su obilnije prisutni u području između mišićnih vlakana u odnosu na područja unutar mišićnih vlakana, imaju znatno izraženiju nasljednost od sastava fosfolipida, premda su fosfolipidi od životno važnog značaja za stanicu i cjelokupni organizam. Prema njihovoj procjeni indeks nasljednosti u goveda za miristinску i palmitinску kiselinu je 0,49, odnosno 0,40, dok je za palmitoleinску i oleinску veći od 0,5. Stoga se nastoje razviti DNA markeri za primjenu u selekciji kako bi se poboljšao omjer masnih kiselina u junećem mesu (Zhang i sur., 2008). Kod goveda postoji još puno prostora da se selekcijom zadovolje zahtjevi potrošača jer za većinu obilježja postoji velika varijabilnost, kako unutar tako i između pasmina. Tako su npr. Štoković i sur. (2007) utvrdili, u najdužem leđnom mišiću junadi simentalske pasmine, 3,12% masti s izrazito velikom varijabilnosti (KV%=51,16%). Znanstvena istraživanja ukazuju da se u depovima masti nakuplja više nezasićenih masnih kiselina kako životinje stare (Fries i Ruvinsky, 1999).

Uspoređujući učinak hranibe i selekcije na sadržaj masti i masnokiselinski sastav triacilglicerola i fosfolipida u svinjskom mesu, utvrđen je znatno veći učinak hranidbe. Prvenstveno je taj učinak očit na omjeru n-6/n-3 nezasićenih masnih kiselina, dok interakcije između

genotipa i hranidbe nisu pronađene (Cameron i sur., 2000). Za promjene genotipa inducirane hranidbom trebalo bi proteći znatno duže vrijeme, kao što je to primijećeno u sličnim istraživanjima na lososu (*Salmo saler*) (Thomassen, 2007). Kako se pod utjecajem hranidbe prvenstveno mijenja sastav masnih kiselina u triacilglicerolima, pri tome se mijenja i sastav masnih kiselina u intramuskularnom masnom tkivu. Nadalje, u svinja je s obzirom na masnokiselinski sastav utvrđena i razlika po spolu te je udio PUFA u ukupnim lipidima bio veći u ženki nego u mužjaka (Cameron i sur., 2000). Bitno je također napomenuti da se PUFA nalaze pretežno u fosfolipidima u udjelu od 20-50% u odnosu na ukupni sadržaj masnih kiselina, te da oksidativni mišići sadrže više fosfolipida jer sadrže više mitohondrija a time i više PUFA. Udio PUFA u sastavu fosfolipida je pod utjecajem kompleksnog enzيماتskog sustava elongaza i desaturaza koji je odgovoran za prijetvorbu LA i LNA u dugolančane, višestruko nezasićene metabolite. Životinje osjetljivije na stres imaju znatno veći omjer N/Z u mišićnom i masnom tkivu. Prema nekim razmatranjima stres izazvan prenapučenošću u nastambama, naročito tovnih životinja, može uz nutritivne čimbenike povećati sklonost pojavi masne degeneracije i infiltracije jetre (Gazdzinski i sur., 1994). S većim udjelom n-3 nezasićenih masnih kiselina u obroku takvih životinja može se postići zadovoljavajuća sposobnost obnavljanja i normalnog odvijanja staničnih funkcija (Otten i sur., 1997). Prema tome izloženost stresu izrazito povećava potrebe za n-3 nezasićenim masnim kiselinama.

## SADRŽAJ MASNIH KISELINA INTRAMUSKULARNE MASTI I UČINAK DODATKA N-3 NEZASIĆENIH KISELINA NA OMJER MASNIH KISELINA U PROIZVODU

Hranidbom životinja krmom ili smjesom obogaćenom n-3 nezasićenim masnim kiselinama promijenit će se sastav i omjer masnih kiselina ovisno o životinjskoj vrsti i tipu masnih depoa. Nije svejedno radi li se o subkutanom, intermuskularnom ili intramuskularnom masnom tkivu. U Tablici 1. je prikazan udio masnih kiselina u mesu standardno hranjenih životinja i životinja hranjenih hranom obogaćenom n-3 nezasićenim masnim kiselinama. Za juneće meso je karakteristično da ima manje intramuskularne masti s većim udjelom višestruko nezasićenih masnih kiselina, dok subkutano masno tkivo sadrži više zasićenih masnih kiselina (SFA - engl. saturated fatty acids). S obzirom na navedeno, a imajući na umu način klaoničke obrade junećeg mesa, pri kojoj se uklanjanja subkutano masno tkivo, unos SFA junetinom je malen. Nasuprot tome, unos masti iz svinjskog mesa odnosi se na inter- i intramuskularnu mast te na subkutanu mast. Pri tome je osnovna razlika između sastava subkutane i

intramuskularne masti u udjelu PUFA, koje su zastupljene u intramuskularnoj masti. Karolyi (2007) navodi da masnije pasmine svinja kao što su Crna slavonska pasmina i Iberijska svinja, koje se koriste za proizvodnju pršuta, imaju više intramuskularne masti od modernih pasmina i križanaca. Nadalje, omjer LA/LNA se ne razlikuje znatno s obzirom na tip masnog depoa, ali se razlikuje s obzirom na vrstu životinja. Juneće meso sadrži veći udio LA i LNA u intramuskularnoj masti, dok su LA i LNA u svinjskom mesu više zastupljene u subkutanom masnom tkivu.

Do sada je potvrđeno da se hranidbom monogastričnih životinja znatno lakše postižu promjene u sastavu masnih kiselina u masnim depoima i intramuskularnom masnom tkivu u odnosu na preživače. Ipak, bez obzira na specifične procese u složenom probavnom sustavu preživača, meso, a naročito mlijeko skloni je značajnim promjenama masno kiselinskog sastava u ovisnosti o hranidbenom postupku (Chilliard i sur., 2001; Bauman i Griinari, 2003) i primjeni određenih hranidbenih dodataka (Palmquist i Griinari, 2001; Marenjak, 2006), pri čemu se očituju i promjene u lipidnim frakcijama krvi (Marenjak i sur., 2008). Perad je također vrlo pogodna za hranidbene pokuse te se brzo postiže željeni učinak, a povećanje PUFA u mesu i žutanjku jajeta može se relativno jednostavno postići.

Izvor n-3 nezasićenih masnih kiselina primjerenih za hranidbu životinja može biti različit. Ukoliko koristimo samo dodatke biljnog porijekla, laneno sjeme ili ulje te sjeme uljane repice, postići ćemo povećanje udjela linoleske kiseline (LNA). Sličan učinak postiže se pri hranidbi preživača određenom travnom smjesom i sjenažom (Marenjak i Poljićak – Milas, 2005). Primjenom biljnog ulja sa većim udjelom LNA u hranidbi životinja moguće je očekivati, naročito u monogastričnih životinja i peradi, porast sadržaja n-3 nezasićenih masnih kiselina u mišićnom tkivu i jajima. Pri tome je u istraživanjima najčešće

▼ Slika 1. Znanstveno potvrđeni kriteriji u razvoju funkcionalne hrane



korišten dodatak lanenog ulja koje sadrži gotovo 53% LNA. U istraživanjima na svinjama, pri dodatku lanenog ulja uočeno je povećanje udjela LNA kao i odlaganje EPA i dokozapentaenske kiseline (DPA; C22:5n-3) u intramuskularnoj masnom tkivu, no bez promjena u koncentraciji DHA (Fontanillas i sur., 1997). Nasuprot tome, Rey i sur. (2001) uočili su povećanje udjela DHA koristeći manju količinu lanenog ulja u obroku, no u osnovni obrok bilo je uključeno i maslinovo ulje. Time je dokazano da je dodatak lanenog ulja od 0,5% dovoljan za promjenu masno kiselinskog sastava intramuskularnog masnog tkiva. U istraživanjima na junadi korišteno je laneno sjeme tretirano formaldehidom kako bi se smanjila razgradnja proteina i biohidrogenacija masnih kiselina u buragu (Choi i sur., 2000). Dokazan je porast udjela n-3 nezasićenih masnih kiselina u intramuskularnom masnom tkivu, i to prije svega LNA, EPA, DPA, no ne i DHA. Raes i sur. (2004) su uočili

li iznimnu važnost hranidbe životinja u ranom razdoblju života za stvaranje i ugradnju dugolančanih PUFA u intramuskularno masno tkivo, naročito u fosfolipide, te je bitno da se posebno prilagođena hranidba odvija kontinuirano kroz duže vrijeme. Također je uočen porast udjela n-3 nezasićenih masnih kiselina u intramuskularnom masnom tkivu u pašo držane junadi u odnosu na junad hranjenu koncentratom. Uočeno je ne samo šesterostruko povećanje EPA i LNA, već i trostruko povećanje DHA u mesu (Lorenz i sur., 2002). Svinje slobodno držane na ispaši u ekološkom uzgoju i hranjene kombinacijom silaže i koncentrata imaju također veći udio n-3 nezasićenih masnih kiselina u intramuskularnom masnom tkivu u usporedbi sa svinjama hranjenim isključivo koncentratom (Nilzen i sur., 2001). Slično je utvrđeno i za meso kunića u ekološkom uzgoju (Pla i sur., 2005). S ciljem povećanja n-3 nezasićenih masnih kiselina često se primjenjuju različiti proizvodi

▼ **Tablica 1.** Standardne (S) vrijednosti i eksperimentalne (n-3) vrijednosti udjela masnih kiselina u namirnicama animalnog porijekla (djelomično preuzeto iz De Henauw i sur., 2007)

	Masne kiseline, %											
	SFA <sup>a</sup>		MUFA <sup>b</sup>		C18:2n6 (LA <sup>c</sup> )		C20:4n6 (AA <sup>d</sup> )		C18:3n3 (LNA <sup>e</sup> )		LCn-3 (EPA <sup>f</sup> + DPA <sup>g</sup> + DHA <sup>h</sup> )	
Porijeklo masti	S	n-3	S	n-3	S	n-3	S	n-3	S	n-3	S	n-3
Junetina	39	38	39	38	8,5	8,5	1,5	1,5	1	2	0,5	1
Svinjetina	39	37	39	37	14	14	0,4	0,4	1,5	5	0,3	0,5
Piletina	30	28	38	36	17	14	3	3	2,5	7	2	4,5
Mlijeko	68	58	25	32	1,5	3	0	0	0,5	1,3	0	0
Jaja	31	30	42	39	20	18	2	1	1	7	1,5	2,5
Janjetina	36	-	35	-	6	-	2,2	-	1,5	-	2,8	-
Konjetina	36	-	34	-	13	-	1,7	-	7,5	-	1,6	-
Meso kunića	37	28	30	31	20,4	18,5	0,02	0,60	5,51	17,5	1,32	1,32
Divljač												
Jelen	36	-	13	-	22,3	-	10,7	-	2,3	-	6,7	-
Divlja svinja	35	-	46	-	12,6	-	1,94	-	1,22	-	0,48	-
Divlja patka	35	-	23	-	22	-	15	-	1,0	-	3,13	-
Zec	34	-	17	-	34	-	8,1	-	1,36	-	3,25	-
Zec*	49	-	28	-	15,3	-	ND	-	8,3	-	ND	-

\**m. psoas major*- vlastito istraživanje; <sup>a</sup>SFA - engl. saturated fatty acids; zasićene masne kiseline; <sup>b</sup>MUFA - engl. monounsaturated fatty acids; jednostruko zasićene masne kiseline; <sup>c</sup>LA - engl. linoleic acid; linolna kiselina; <sup>d</sup>AA - engl. arachidonic acid; arahidonska kiselina; <sup>e</sup>LNA - engl. linolenic acid; linolenska kiselina; <sup>f</sup>EPA - engl. eicosapentaenoic acid; eikozapentaenska kiselina; <sup>g</sup>DPA - engl. docosapentaenoic acid; dokozapentaenska kiselina; <sup>h</sup>DHA - engl. docosahexaenoic acid; dokozahexaenska kiselina; <sup>i</sup>LC - engl. long chain fatty acids; dugolančana masne kiseline; ND- nisu utvrđene

riba i morskih organizama, riblje ulje ili riblje brašno te ulje morskih algi. Raspravlja se i o mogućnosti proizvodnje genetski modificiranih uljarica i žitarica primjenom gena morskih algi u svrhu povećanja udjela DHA u njihovom masnokiselinskom sastavu, a time i u dnevnom obroku ljudi. To je i jedan od istraživačkih prioriteta opsežnog i vrlo vrijednog projekta Europske Unije, a temelji se na istraživanju Tonona i sur. (2003, 2005).

Istraživanja samo jednog segmenta, kao što je hranidba životinja, dio su opsežnog istraživačkog poduhvata s ciljem povećanja udjela n-3 nezasićenih masnih kiselina u hranidbenom lancu. Veliki potencijal se nalazi u posebno prilagođenoj hranidbi mliječnih krava koji dovode do promjena u udjelu pojedinih masnih kiselina mliječne masti te mesa teladi u sustavu krava-tele. Promjene koje se događaju djelovanjem mikroflora u buragu, ključ su izmijenjenog masnokiselinskog sastava mesa i mliječne masti. Biohidrogenacija n-3 nezasićenih masnih kiselina u buragu je ograničena te se primjećuje porast PUFA i konjugirane linolne kiseline (CLA; *cis*-9, *trans*-11 C18:2n-7) u mlijeku krava pri dodatku ribljeg ulja u obrok (Palmquist i Griinari, 2001), kao i pri ispaši krava na planinskim pašnjacima (Collomb i sur., 2002). Nadalje, količina, način uzimanja i pristup hrani, odnosno ograničeno davanje određene hrane mogu utjecati na sadržaj masnih kiselina u mlijeku (Marenjak i Poljičak-Milas, 2005). Prema istraživanju Jianga i sur. (1996), pri količinski restriktivnom hranjenju, odnosno pri manjem udjelu zelenog krmiva u odnosu na koncentrat, koncentracija CLA u mlijeku se povećala za 30 %. Promjene koje se javljaju pri tome očito su vezane uz opskrbu supstratom i mikrobiološku izmjenu u buragovom sadržaju. Kod dodatka ribljeg ulja u obrok dolazi do interakcije lipida osnovnog obroka i dodanog ribljeg ulja. Izraženiji porast *trans*-C18:1, prvenstveno transvakcenske kiseline (TVA) u mlijeku u odnosu na umjeren porast LA, objašnjava se inhibirajućim učinkom ribljeg ulja na zadnji stupanj biohidrogenacije, prvenstveno biohidrogenaciju LA i LNA iz osnovnog obroka (Palmquist i Griinari, 2001). Dodatak ulja morskih algi u obrok krava imati će za posljedicu značajano povećanje udjela DHA i DPA, te arahidonske kiseline (AA; C20:4n-6), ali ne i EPA. Istraživanja na svinjama hranjenim ribljim uljem ili ribljim brašnom također su dokazala porast EPA i DHA u intramuskularnom masnom tkivu, no nije zabilježen porast udjela DPA. Slično je utvrđeno i u junadi i janjadi kod kojih je izmjereno dvostruko povećanje udjela EPA i DHA u *m. longissimusus dorsis* pri dodatku ribljeg brašna u obrok.

S obzirom da je teško mijenjati hranidbene navike ljudi, a ujedno se i dvoji o konzumaciji plave ribe koja je bogata n-3 nezasićenim masnim kiselinama, ali i koja stoji pri vrhu hranidbenog lanca s većom akumulacijom štetnih tvari koji se nalaze u moru, bilo bi korisno mijenjati strategiju hranidbe farmskih životinja, tako da hranidbena vrijednost i sastav masnih kiselina u proizvodima budu što

bliže preporukama. Mogli bismo zaključiti da povećanjem udjela n-3 nezasićenih masnih kiselina u hrani za životinje neminovno utječemo na dostupnost i unos hrane poželjnog sastava masnih kiselina, što predstavlja doprinos prevenciji bolesti kroničnog tijeka koje su u porastu.

## RIASSUNTO

### **STRATEGIA DELLA PRODUZIONE DEL CIBO FUNZIONALE DELL'ORIGINE ANIMALE**

*La produzione del cibo funzionale dell'origine animale richiede i trattamenti scientificamente basati sulle conoscenze che sottintendono tutta la catena alimentare. Qui bisogna prendere in considerazione gli effetti fisiologici e quelli psicologici che il cibo di questo tipo può produrre sugli uomini. Il genoma umano non è cambiato dal periodo paleolitico, ma sono notevolmente cambiati i modi di alimentazione e il modo di vivere della gente dell'epoca moderna, e perciò nel frattempo sono sorte croniche malattie degenerative. Gli acidi grassi, specialmente gli acidi insaturi n-3, sono importanti molecole biologicamente attive, alle quali è collegata tutta una serie degli effetti positivi nella prevenzione e nel miglioramento della salute degli uomini e degli animali. Alcuni dei moduli usati per aumentare l'importo degli acidi grassi insaturi n-3 sono: l'aumento della porzione dei detti acidi grassi nell'alimentazione degli animali nelle fattorie, oppure l'allevamento degli animali del genotipo più desiderato. Nonostante il modo di aumento dell'importo di desiderati acidi grassi, bisogna sempre avere in mente la beneficenza e la salute degli animali, perché gli animali esposti allo stress richiedono l'importo degli ingredienti alimentari evidentemente differenti, tra i quali sono estremamente importanti gli acidi grassi insaturi n-3.*

## LITERATURA

- Balenović, J., L. Pollak (2007):** Pravilnik o hrani za posebne potrebe. Hrvatski časopis za javno zdravstvo. 3.
- Bauman D. E., J. M. Griinari (2003):** Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Ann. Rev. Nutr.* 23, 203-227.
- Bellisle, R., A.T. Diplock, G. Hornstra (1998):** Functional food science in Europe. *Br. J. Nutr.* 80, S3-193.
- Bhattacharya, A., D. Sun, M. Rahman, G. Fernandes (2007):** Different ratios of eicosapentaenoic and docosahexaenoic omega-3 fatty acids in commercial fish oils differentially alter pro-inflammatory cytokines in peritoneal macrophages from C57BL/6 female mice. *J. Nutr. Biochem.* 18, 23-30.
- Cameron, N. D., M. Enser, G. R. Nute, F. M. Whittington, J. C. Penman, A. C. Finken, A. M. Perry, J. D. Wood (2000):** Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Sci.* 55, 187-195.
- Collomb, M., U. Bütikofer, R. Sieber, B. Jeangros, J. O. Bosset (2002):** Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland

using high-resolution gas chromatography. *Int. Dairy J.* 12, 649-659.

**Chilliard Y., A. Ferlay, M. Doreau (2001):** Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cows's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Prod. Sci.* 70, 31-48

**Choi, N. J., M. Enser, J. D. Wood, N. D. Scollan (2000):** Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 fatty acids. *Anim. Sci.* 71, 509-519.

**Clydesdale, F.A. (1997):** A proposal for the establishment of scientific criteria for health claims for functional foods: *Nutr. Rev.* 55, 413-422.

**De Henaaw, S., J Van Camp, G. Sturtewagwn, C. Matthys, M. Bilau, N. Warnants; K. Raes, M. Van Oeckel, S. De Smet (2007):** Simulated changes in fatty acid intake in humans through n-3 fatty acid enrichment of foods from animal origin. *J. Sci. Food Agric.* 87, 200-211.

**De Smet, S., K. Raes, D. Demeyer (2004):** Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Res.* 53, 81-98.

Fernández, A., E. de Pedro, N. Núñez-L. Silió, J. García-Casco, C. Rodríguez (2002): Genetic parameters for meat and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. *Meat Sci.* 64, 405-410.

**Fontanillas, R., A. Barroeta, M. D. Baucells, R. Codony (1997):** Effect of feeding highly *cis*-monounsaturated, *trans*, or n-3 fats on lipid composition of muscle and adipose tissue of pigs. *J. Agr. Food Chem.* 45, 3070-3075.

**Fries, R., A. Ruvinsky (1999):** The Genetics of Cattle. CAB International, London, UK.

**Gazdzinski, E. J. Squires R. J. Julian (1994):** Hepatic lipodosis in Turkeys. *Avian Dis.* 38, 379-384.

**Jiang, J., L. Bjoerck, R. Fonden, M. Emanuelson (1996):** Occurrence of conjugated *cis*-9, *trans*-11 octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *J. Dairy Sci.* 79, 438-445.

**Karamichou, E., R. I. Richardson, G. R. Nute, K. P. Gibson, S. C. Bishop (2006):** Genetic analyses and quantitative trait loci detection, using a partial genome scan, for intramuscular fatty acid composition in Scottish Blackface sheep. *J. Anim. Sci.* 84, 3228-3232.

**Karolyi, D. (2007):** Masti u mesu svinja. *Meso IX*, 6, 336-339.

**Knight, T., R. Teit, A. Trenkle, D. Wilson, G. Rouse, D. Strohbahn, J. Reecy, D. Beitz (2004):** Redesigning Beef Cattle to Have a More Healthful Fatty Acid Composition. Iowa State University Animal Industry Report 2004. <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2004pdf/AS1882.pdf> (accessed 16.06.2008.)

**Lorenz, S., A., Buettner, K. Ender, G. Nürnberg, H.J. Papstein, P. Schieberle, K. Nürnberg (2002):** Influence of keeping system on the fatty acid composition in the longissimus muscle of bulls and odorants formed after pressure-cooking. *Eir. Food. Res. Technol.* 214, 112-118.

**Marenjak, T.S., N. Poljičak-Milas (2005):** Utjecaj hranidbe krava na sastav bioaktivnih masnih kiselina u mlijeku. *Krmiva* 47, 245-252.

**Marenjak, T. S. (2006):** Učinak suncokretova ulja dodanog u potpunu krmnu smjesu na sadržaj masnih kiselina u kravljem mli-

jeku. Disertacija, Veterinarski fakultet, Zagreb.

**Marenjak, T.S., N. Poljičak-Milas, B. Beer-Ljubić, J. Piršljin (2008):** Auswirkungen der alimentären ungeschützten Sonnenblumenölsupplementierung auf Stoffwechselformparameter im Blutplasma und die Körperkondition von Simmentaler Kühen. *Tierärztl. Umschau* 63 (in press).

**Nilzen, V., J. Babol, P.C. Dutta, N. Lundeheim, A.C. Enfalt, K. Lundstrom (2001):** Free-range rearing of pigs with access to pasture grazing-effect on fatty acid composition and lipid oxidation products. *Meat Sci.* 58, 267-275.

**Otten, W., P. A. Iazzo, H. M. Eichinger (1997):** Effects of high n-3 fatty acid diet on membrane lipid composition of heart and skeletal muscle in normal swine and in swine with the genetic mutation for malignant hyperthermia. *J. Lipid Res.* 38, 2023-2034.

**Palmquist, D. L., J. M. Griinari (2001):** Dietary fish oil plus vegetable oil maximizes *trans*-18:1 and rumenic acids in milk fat. *J. Dairy Sci.* 84 (Suppl. 1), 1282 (Abstr).

**Pla, M., P. Hernández, B. Ariño, J.A. Ramírez, I. Díaz (2005):** Prediction of fatty acid content in rabbit meat and discrimination between conventional and organic production systems by NIRS methodology. *Food Chem.* 100, 165-170.

**Raes, K., S. De Smet, D. Demeyer (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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113, 199-221.

**Regulation (EC):** No 1924/2006 of the European union and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods.

**Rey, A. I., J. P. Kerry, P. B. Lynch, C. J. López-Bote, D. J. Buckley, P. A. Morrissey (2001):** Effect of dietary oils and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on lipid (TBARS) and cholesterol oxidation in cooked pork. *J. Anim. Sci.* 79, 1201-1208.

**Štoković, I., I. Karadjole, D. Križanović, P. Božić, A. Ekert Kabalin (2007):** Phenotypic characteristics of chemical composition of *m. longissimus dorsi* in Croatian Simmental bulls. Abstract book of 3<sup>rd</sup> Symposium of Livestock Production with International Participation, 12. - 15. september 2007, Ohrid, Makedonija, p.p. 33-36.

**Thomassen, M. S. (2007):** Lipids in aquaculture: Regulation of fatty acid metabolism in atlantic salmon. 5th Eurofed Lipid Congress. 16-19 September, Gothenburg, Sweden. Abstract book, 156.

**Tonon, T., D. Harvey, T.R. Larson, I.A. Graham (2003):** Identification of a very long chain polyunsaturated fatty acid  $\Delta$ -4 desaturase from the microalga *Pavlova lutheri*. *FEBS* 553, 440-444.

**Tonon, T, R. Qing, D. Harvey, T.R. Larson, Y. Li, I.A. Graham (2005):** Identification of a long chain polyunsaturated fatty acid acyl-CoA synthetase from the diatom *Thalassiosira pseudonana*. *Plant Physiology* 138, 1-7.

**Weiss, L.A., E. Barrett-Connor, D. von Muhlen (2005):** Ratio of n-6 to n-3 fatty acids and bone mineral density in older adults: The Rancho Bernardo Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 81, 934-938.

**Zhang, S., T. J. Knight, J. M. Reecy, D. C. Beitz (2008):** DNA polymorphisms in bovine fatty acid synthase are associated with beef fatty acid composition 1. *Animal Genetics.* 39, 62-70.

Prispjelo: 17.7. 2008.

Prihvaćeno: 2.8.2008. ■