

**NUTRIČNE VÝZNAMNÉ MASTNÉ KYSELINY MLIEČNEHO TUKU  
A KVALITA MLIEKA DOJNÍC NA PASTVE**  
NUTRITIONALLY ACTIVE MILK FAT FATTY ACIDS  
AND MILK QUALITY OF DAIRY COWS ON PASTURE

**Kirchnerová Katarína<sup>1</sup>, Foltys Vladimír<sup>1</sup>, Špička Jiří<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ústav výživy, Centrum výskumu živočíšnej výroby Nitra, <sup>2</sup> Jihočeská univerzita České Budějovice

**Summary**

Milk fat is from a nutritional point of view of the negative evaluation because of the dominant content of saturated fatty acid (FA) with high Atherogenic index (AI). Intake of milk fat in the diet is important because of the content of monounsaturated FA, acting favorably against cardiovascular diseases and especially of essential fatty acids (EFAs), linoleic and alpha linolenic acid and CLA, which is found only in meat and milk of ruminants. These are precursors of biologically active substances - hormones and enzymes. Analysis of correlations of fatty acids of milk fat to the qualitative indicators of milk production shows that changes in the composition of milk fat are caused by varying the ratio of de novo and depot fatty acids. No acid or group of acids is subject to specific impact of monitored indicators, which could affect its share in the milk fat. It is not possible to influence a group or desirable fatty acid, for example CLA, without affecting the total composition of milk fat. Although grazing is better for the composition of milk fat from a health perspective, but at lower production as seen by the correlations at mountain farms with grazing dairy systems.

Contribution was based on project-APVV 0153-07.

This article was written during realization of the project „CEGEZ no. 26220120042“, supported by the Operational Programme Research and Development funded from the European Regional Development Fund.

**Key words:** milk, fat, fatty acids, grazing

**ÚVOD**

Mliečny tuk tvoria v prevažnej miere triglyceridy mastných kyselín, pričom mastné kyseliny predstavujú 95% množstva čistého tuku. Hlavné mastné kyseliny vyskytujúce sa v triglyceridoch tuku kravského mlieka sú kyseliny s nasýteným reťazcom s párnym počtom uhlíkov od C<sub>4</sub> do C<sub>18</sub>, a s nenasýteným reťazcom monoénové C<sub>16:1</sub>, a C<sub>18:1</sub>. Ďalej sa v mliečnom tuku nachádzajú ďalšie monoénové kyseliny s rôznou dĺžkou reťazca, vyššie polynenasýtené mastné kyseliny, hlavne C<sub>18:2</sub>, C<sub>18:3</sub> a C<sub>20:4</sub>, nasýtené s nepárnym počtom atómov uhlíka, s rôzne dlhým reťazcom, mono- a polyrozvetvené a rôzne polohové a priestorové izoméry týchto kyselín Piatkowski (1975). Vzhľadom k vysokej rôznorodosti sa mastné kyseliny mliečneho tuku členia na skupiny podľa ich štruktúry, nutričného a technologického významu, vhodné je tiež členenie podľa metabolického pôvodu, pre posúdenie faktorov ich výskytu.

Prchavé mastné kyseliny (VFA), hlavne kyselina maslová C<sub>4:0</sub> a ďalej kaprónová C<sub>6:0</sub>, kaprylová C<sub>8:0</sub>, a kaprínová C<sub>10:0</sub>, sú produktami biosyntézy sekrečného epitelu mliečnej žľazy, sú oproti iným tukom unikátne, dávajú mliečnemu tuku charakteristickú lahodnú chuť a vôňu, významné organoleptické vlastnosti, ktoré iné tuky v potravinách postrádajú. Sú pomerne rýchlo stráviteľné, čiže hladinu tukov v krvi zvyšujú v menšej miere ako iné tuky ([www.agris.cz](http://www.agris.cz)).

Objavili sa štúdie podľa ktorých kyselina maslová je zdrojom energie pre kolonocyty, čo napomáha ich obnove a pôsobí preventívne antikarcinogénne. Pri kyselinách do C<sub>10</sub>

neboli preukázané negatívne aterogénne účinky. Mastné kyseliny do C12 pôsobia antipatogénne.

Za hypercholesterolemické mastné kyseliny (HCHFA) sú považované kyseliny laurová C12:0, myristová C14:0 a palmitová C16:0. Zvyšujú koncentráciu LDL lipoproteínov a triacylglycerolov TAG v krvi, čím prispievajú ku zvýšenému ukladaniu tukov v cievnych stenách, pričom C14:0 sa považuje za štvornásobne účinnejšiu. Z toho je odvodený i výpočet tzv. Aterogénneho indexu AI (Ulbricht a Southgate, 1991).

Kyselina stearová C18:0, jedna zo základných nasýtených mastných kyselín mliečného tuku (SAFA) je považovaná za bioaktívnu zložku mlieka a pripisuje sa jej práve antiaterogénny účinok, podľa ktorého znižuje hladinu LDL cholesterolu a TAG, a zvyšuje hladinu HDL cholesterolu (Baumann et al., 2006).

Mastné kyseliny s rozvetveným reťazcom (BCFA) a s nepárnym počtom uhlíkov v reťazci pochádzajú z bezdusíkatých metabolitov rozvetvených aminokyselín a kyseliny propiónovej z látkovej premeny glycidov, ktoré boli použité na predlžovanie reťazca namiesto kyseliny octovej.

Monoénové nenasýtené mastné kyseliny (MUFA), a z nich v najvyššom zastúpení kyselina olejová C18:1, v cis konfiguráciách prispievajú tiež k úprave pomerov LDL a HDL cholesterolu a TAG v krvi, a majú priaznivé zdravotné účinky (Kris-Etherton et al., 2005), ako aj priaznivý vplyv na technologické vlastnosti masla a smotany (Vesely et al., 2008).

Polynenasýtené mastné kyseliny (PUFA) zohrávajú úlohu ako prekursor biologicky aktívnych látok. Z nich skupina n3 a n6, tiež označovaných ako omega3 a omega6 mastných kyselín je v tukoch sledovaná s ohľadom na ich vzájomný pomer, ktorý by mal byť max. 1:5,0 v záujme vyváženia tvorby biologicky aktívnych látok pre ktoré sú prekursori (WHO FAO 2003). V súčasnosti je snaha zlepšovať tento pomer obohacovaním funkčných potravín o omega 3 mastné kyseliny, ktoré sú z prírodných zdrojov nedostatkové.

Nenasýtené mastné kyseliny s konjugovanými dvojitými väzbami, linolová C18:2n6 - LA, konjugovaná kyselina linolová C18:2 9,11 cis trans -CLA, alfa linolénová C18:3n3 - ALA a arachidónová C20:4n6 -ETA (eikozatetraénová), sú pre cicavce a človeka esenciálne (EMK) a označujú sa ako faktor F (vitamín F). Zúčastňujú sa na tvorbe prostaglandínov a ďalších látok s významnými regulačnými účinkami, sú prekursori vyšších mastných kyselín s väčším počtom uhlíkov, ktoré sa z nich tvoria elongáciou a desaturáciou. Nedostatok vitamínu F sa prejavuje spomalením rastu, dermatitídou, poruchami obličiek (Pijanowski, 1977).

Månsson (2008) konštatuje, že okolo 70 % mliečného tuku vo Švédsku pozostáva zo saturovaných mastných kyselín, z ktorých je približne 11 % krátkoreťazcových (v tejto práci vyhodnotených ako prchavé mastné kyseliny VFA), a asi polovica z nich je kyselina maslová. Približne 2 % mastných kyselín v mliečnom tuku je mononenasýtených, a 2,3 % sú polynenasýtené s pomerom n6/n3 priemerne 2,3.

Významným faktorom ovplyvňujúcim účinok tukov na zdravie, je výskyt trans izomérov mastných kyselín, ktoré sú spájané s výskytom srdcovo cievnych ochorení, pretože podobne ako hypercholesterolemické kyseliny nepriaznivo ovplyvňujú pomery HDL a LDL cholesterolu. (Mensink, 2005). Je to však problém predovšetkým hydrogenovaných tukov. Trans izoméry mononenasýtených mastných kyselín sa síce vytvárajú v bachore v priebehu biohydrogenácie, avšak hlavná z nich, kyselina delta 11 transC18:1 je prekursorom CLA a výskyt ostatných trans izomérov MUFA v mliečnom tuku je minimálny, v pomere k ostatným mastným kyselinám na hranici detegovateľnosti. Trans izomerizácia polynenasýtených mastných kyselín je žiaduci jav umožňujúci vznik esenciálnych reťazcov, predovšetkým CLA.

Mliečny tuk je z nutričného hľadiska hodnotený negatívne pre prevládajúci obsah nasýtených mastných kyselín, z ktorých sú nežiaduce hlavne MK s aterogénnym účinkom, ako aj obsah nežiaducich trans izomérov, ktorý je ale v porovnaní s inými tukmi v potravinách zanedbateľný. Príjem mliečného tuku vo výžive je však dôležitý pre obsah mastných kyselín zvyšujúcich jeho biologickú hodnotu. Hlavne nenasýtených mastných kyselín v cis konfiguráciách, najmä kyseliny olejovej C18:1n6cis, pôsobiacich priaznivo proti kardiovaskulárnym ochoreniam (Haug, 2007), a obzvlášť esenciálnych mastných kyselín, linolevej a alfa linolénovej a hlavne CLA, ktorá sa vyskytuje iba v mäse a mlieku prežúvavcov. Tieto sú prekurzormi biologicky aktívnych látok – hormónov a enzýmov. Pozitívna vlastnosť mliečného tuku je i jeho priaznivý pomer omega3 a omega6 mastných kyselín, (1:1,16-4), Colomb et al. (2004). Preto by hodnotenie významu mliečného tuku vo výžive malo byť vykonávané pomocou komplexných štúdií, nielen na základe účinku jednotlivých typov kyselín, keď sú študované samostatne.

Cieľom práce je štúdium vzťahov medzi štádiom laktácie a kvalitatívno-produkčnými ukazovateľmi mlieka a zastúpením mastných kyselín mliečného tuku u dojnic na pastve v horskej poľnohospodárskej oblasti.

### **MATERIÁL A METÓDY**

Pre štúdium a monitoring mliečného tuku dojnic chovaných na pastve v horských podmienkach sme uskutočnili výber chovov a zvolili sme dojnice na prvej laktácii. Na základe kontroly úžitkovosti sme spracovali údaje o ich mliečnej úžitkovosti. Na jednotlivých vybraných farmách sme pri pravidelných kontrolách úžitkovosti uskutočnili odber vzoriek mlieka z celého pôdoja na stanovenie základných kvalitatívnych a technologických vlastností a na stanovenie zloženia mastných kyselín mliečného tuku. Individuálne vzorky mlieka od jednotlivých dojnic (n = 134) odoberané na farmách v horskej poľnohospodárskej oblasti počas obdobia pastvy dojnic sme vyšetrili na fyziologicko-biochemické ukazovatele a spracovali pre analýzu mastných kyselín mliečného tuku plynovou chromatografiou, ktorá bola následne vykonaná.

#### **Analýza mastných kyselín plynovou chromatografiou**

Z lyofilizovaných vzoriek mlieka bol mliečny tuk izolovaný extrakciou v petroléteri podľa Röse-Gottlieba, následne reesterifikovaný metanolovým roztokom KOH a metylestery mastných kyselín boli extrahované hexánom. Metylestery mastných kyselín boli analyzované plynovou chromatografiou (prístroj GC Varian 3800, Techtron, USA), s použitím FID detektora na kapilárnej kolóne Omegawax 530; 30 m. Bol použitý nepravidelný teplotný gradient od 40 do 240°C, nástrek a detekcia pri 250°C. Prietok dusíka 6 ml.min<sup>-1</sup>. Na chromatografickom zázname bolo identifikovaných 54 mastných kyselín vrátane príslušných izomérov pomocou štandardnej referenčnej vzorky mliečného tuku a analytických štandardov Supelco, a následne pomocou GCMS analýzy. Ich zastúpenie bolo vyjadrené relatívne v percentách (%). Skupiny mastných kyselín a ich označenie, ako aj vypočítané indexy boli vytvorené podľa tradičných štruktúralno-chemických a nutričných kritérií, v súlade s prácami citovanými v literárnom prehľade.

#### **Analýzy vzoriek mlieka**

Stanovenie obsahu tuku, bielkovín, a laktózy – infračervený analyzátor Milkoscan FT 120 fi FOSS Electric s detektorom DID (diode array = diódové pole v celom infračervenom spektre) podľa ISO 9622: 1999 Whole milk – Determination of milk fat, protein and lactose content – Guidance on the operation of mid-infrared instruments.

Stanovenie počtu somatických buniek (PSB) – prístroj Somacount 150 fi Bentley Instruments na princípe prietokovej cytometrie, podľa STN EN ISO 13366-1: 2008.

Stanovenie teploty tuhnutia mlieka (TTM) – termistorový kryoskopický prístroj Cryostar fi. Funke Gerber podľa normy ISO 5764: 2002 Milk – Determination of freezing point.

Stanovenie obsahu močoviny – fotokolorimetricky s Ehrlichovým činidlom, vlnová dĺžka 530 nm.

### Matematicko-štatistické vyhodnotenie výsledkov

Výsledky analýz boli spracované variačno-štatistickými metódami systémového programu Statgraphics. Vypočítané boli štatistické charakteristiky: aritmetický priemer  $\bar{x}$ , minimum a maximum, smerodajná odchýlka  $S_x$ , variačný koeficient  $V_k$ . Na zistenie signifikantnosti odlišnosti bol použitý test zhody dvoch priemerov T-testom typu pre nerovnaké rozptyly. Pre vyjadrenie vzťahov medzi sledovanými parametrami boli vypočítané koeficienty lineárnej korelácie ( $r$ ) a testovaná ich štatistická významnosť.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ak hľadáme možnosti zlepšenia profilu mastných kyselín mliečného tuku, je potrebné vyhodnotiť vzájomné vzťahy produkčných ukazovateľov súborov dojníc i kvalitatívnych vlastností mlieka, ktoré sú zároveň i obrazom ich kondičného stavu, a spektra mastných kyselín. Keďže pri dojniciach z fariem z horskej oblasti na pastve sme v individuálnom mlieku ( $n = 134$ ) zaznamenali najvyšší obsah mono- i polynenasýtených mastných kyselín (26,26 % a 3,26 %), v tom i najvyšší obsah esenciálnych mastných kyselín, 2,96 %, z ktorých najvýznamnejšia je CLA, 0,54 % a taktiež omega3 kyseliny mali najvyššie zastúpenie, 0,65 %, pričom v tomto súbore bol zároveň najnižší aterogénny index  $AI = 3,01$  oproti mlieku dojníc ( $n = 100$ ) z chovov v nížinnej oblasti, v ktorých je zavedená celoročná kŕmna dávka CKD a zároveň dojnice na pastve majú nižšie ukazovatele dennej produkcie, (priemerná denná produkcia mlieka, tuku, a bielkovín bola štatisticky významne ( $P < 0,0001$ ) vyššia v hospodárstvach s CKD ([27,78, 1,03, resp. 0,85] kg.D<sup>-1</sup>) oproti hospodárstvám s pastvou ([21,81, 0,90, resp. 0,71] kg.D<sup>-1</sup>), ako aj pastevný systém ktorý má odlišnú energetickú bilanciu oproti dojniciam s celoročne vyrovnanou kŕmnu dávkou (Kirchnerová et al., 2011), vyhodnotili sme korelačné vzťahy medzi sledovanými vlastnosťami za farmy s horským pastevným systémom. Vzhľadom na priebeh zmien v zastúpení mastných kyselín v mliečnom tuku, ktoré sú výraznejšie v prvej tretine laktácie, vyhodnotili sme lineárnou regresnou analýzou vzťahy jednotlivých ukazovateľov kvality a produkcie mlieka za prvých 112 dní laktácie (tab. 1 a 2).

Nasýtené mastné kyseliny SAFA (70,48 ± 4,04 %), ktoré sú považované za nežiaducu zložku mliečného tuku, vykazujú v prvej tretine laktácie vysoko významné pozitívne korelačné koeficienty ( $r > 0,45$ ;  $P < 0,01$ ) so všetkými ukazovateľmi nápočtu laktácie (počet dní, množstvo mlieka, tuku a bielkovín v kg). Čím väčšiu produkciu dojnica do dňa odberu vzorky zabezpečila, tým vyšší je obsah nasýtených mastných kyselín v tuku mlieka ( $r = 0,599$ ). Významnú úlohu tu zohráva vyprodukované množstvo mlieka (0,537), tuku (0,454) i bielkovín (0,517). Tento vzťah SAFA je tvorený ich časťou, ktorá pozostáva z krátkoreťazcových mastných kyselín SAFASC (28,82 ± 4,23%). Spomedzi korelačných koeficientov k ukazovateľom nápočtu laktácie (kde všetky sú  $r > 0,368$ ;  $P < 0,01$ ) sú štatisticky významne korelované s obsahom tuku ( $r = 0,454$ ;  $P < 0,01$ ) a najužší vzťah majú k dňom laktácie  $r = 0,657$ ;  $P < 0,001$ .

## VÝŽIVA A ZDRAVIE 2011

**Tab. 1 Koeficienty korelácie medzi ukazovateľmi produkcie a kvality mlieka a skupinami mastných kyselín mliečného tuku**

	Dni	Mlieko	Tuk	Bielk.	Mlieko	Tuk	Bielk.	F/P	Tuk	Bielk.	Laktóza	Min. l.	BTS	Sušina	PSB	TTM	Močo-	
	laktácie	kg	kg	kg	kg.D <sup>-1</sup>	kg.D <sup>-1</sup>	kg.D <sup>-1</sup>	index	g.100g <sup>-1</sup>						.10 <sup>3</sup>	-m°C	vina	
	D	Nápočet laktácie			Denná produkcia				Zloženie mlieka					Kvalita mlieka				
																		mg.l <sup>-1</sup>
SAFASC	<b>0,657</b>	<b>0,509</b>	0,368	0,494	-0,308	-0,459	-0,412	-0,101	-0,140	-0,070	0,067	-0,079	-0,031	-0,124	-0,383	-0,329	0,154	
SAFAMC	0,196	0,289	0,339	0,330	-0,088	-0,066	-0,135	0,068	0,036	-0,079	-0,010	-0,050	-0,075	-0,015	-0,026	0,032	-0,177	
SAFALC	<b>-0,607</b>	-0,459	-0,333	<b>-0,514</b>	0,456	<b>0,568</b>	0,466	0,160	0,152	0,021	-0,123	0,016	-0,043	0,093	<b>0,444</b>	0,276	-0,246	
SAFA	<b>0,599</b>	<b>0,537</b>	0,454	<b>0,517</b>	-0,204	-0,320	-0,345	-0,014	-0,078	-0,112	0,019	-0,110	-0,092	-0,112	-0,265	-0,247	-0,017	
VFA	<b>0,507</b>	0,452	0,349	0,420	-0,095	-0,190	-0,172	0,035	-0,019	-0,110	-0,011	-0,103	-0,105	-0,073	-0,248	-0,255	0,062	
HCHFA	<b>0,584</b>	<b>0,528</b>	0,450	<b>0,544</b>	-0,303	-0,406	-0,407	-0,081	-0,128	-0,083	0,074	-0,083	-0,038	-0,120	-0,308	-0,197	-0,015	
BCFA	-0,226	-0,487	<b>-0,512</b>	-0,480	-0,326	-0,350	-0,288	-0,195	-0,160	0,094	0,086	0,085	0,128	-0,051	0,003	-0,140	<b>0,381</b>	
MUFASC	<b>0,753</b>	0,466	0,344	<b>0,528</b>	<b>-0,556</b>	<b>-0,621</b>	<b>-0,566</b>	-0,226	-0,110	0,157	0,125	0,134	0,203	0,030	-0,266	-0,388	0,298	
MUFAMC	-0,384	-0,325	-0,235	-0,228	0,093	0,279	0,347	-0,056	0,067	0,183	-0,160	0,196	0,087	0,100	0,181	0,090	0,080	
MUFALC	<b>-0,640</b>	<b>-0,538</b>	-0,443	<b>-0,536</b>	0,267	0,384	0,381	0,062	0,085	0,048	-0,030	0,045	0,029	0,081	0,284	0,257	-0,053	
MUFA	<b>-0,583</b>	<b>-0,514</b>	-0,426	-0,494	0,202	0,330	0,342	0,025	0,078	0,090	-0,028	0,085	0,067	0,097	0,270	0,216	-0,003	
PUFA	-0,474	-0,485	-0,468	-0,472	0,140	0,126	0,233	-0,068	0,051	0,221	0,050	0,238	0,227	0,166	0,128	<b>0,369</b>	0,148	
USFA	<b>-0,599</b>	<b>-0,537</b>	-0,454	<b>-0,517</b>	0,204	0,320	0,345	0,014	0,078	0,112	-0,019	0,110	0,092	0,112	0,265	0,247	0,017	
SCFA	<b>0,682</b>	<b>0,516</b>	0,374	<b>0,509</b>	-0,341	-0,487	-0,438	-0,116	-0,140	-0,048	0,075	-0,058	-0,007	-0,111	-0,379	-0,343	0,173	
MCFA	0,124	0,226	0,291	0,284	-0,070	-0,015	-0,071	0,057	0,047	-0,045	-0,039	-0,014	-0,058	0,003	0,006	0,047	-0,160	
LCFA	<b>-0,674</b>	<b>-0,559</b>	-0,452	<b>-0,574</b>	0,340	0,454	0,429	0,086	0,111	0,061	-0,054	0,059	0,028	0,101	0,347	0,298	-0,100	
desC14	0,394	0,149	0,124	0,266	<b>-0,519</b>	-0,457	-0,400	-0,194	0,015	0,281	0,130	0,268	0,319	0,189	-0,042	-0,201	<b>0,396</b>	
desC16	-0,310	-0,285	-0,241	-0,210	0,085	0,269	0,359	-0,045	0,071	0,162	-0,172	0,174	0,062	0,089	0,150	-0,007	0,065	
desC18	-0,045	-0,112	-0,142	-0,023	-0,225	-0,219	-0,111	-0,152	-0,113	0,041	0,081	0,042	0,078	-0,043	-0,178	-0,021	0,265	
n6	<b>-0,508</b>	-0,354	-0,295	-0,327	0,303	0,298	0,362	-0,040	0,056	0,197	0,050	0,202	0,204	0,157	0,192	<b>0,538</b>	0,042	
n3	-0,317	-0,490	<b>-0,523</b>	<b>-0,503</b>	0,020	0,045	0,178	-0,096	0,045	0,241	-0,032	0,276	0,205	0,149	0,100	0,136	0,138	
n6/n3	-0,013	0,269	0,345	0,323	0,164	0,132	0,062	0,061	0,043	-0,034	0,109	-0,042	0,023	0,046	-0,035	0,199	-0,002	
AI	<b>0,631</b>	<b>0,570</b>	0,470	<b>0,550</b>	-0,258	-0,367	-0,382	-0,029	-0,090	-0,112	0,041	-0,109	-0,081	-0,114	-0,296	-0,271	-0,012	
EMK	-0,448	-0,451	-0,449	-0,445	0,168	0,132	0,247	-0,073	0,046	0,222	0,058	0,234	0,231	0,165	0,134	<b>0,375</b>	0,147	

## VÝŽIVA A ZDRAVIE 2011

**Tab. 2 Koefficienty korelácie medzi ukazovateľmi produkcie a kvality mlieka a zastúpením mastných kyselín mliečného tuku**

	Dni	Mlieko	Tuk	Bielk.	Mlieko	Tuk	Bielk.	F/P	Tuk	Bielk.	Laktóza	Min. l.	BTS	Sušina	PSB	TTM	Močovina-
	laktácie	kg	kg	kg	kg.D <sup>-1</sup>	kg.D <sup>-1</sup>	kg.D <sup>-1</sup>	index			g.100g <sup>-1</sup>				.10 <sup>3</sup> .ml <sup>-1</sup>	-m°C	mg.l <sup>-1</sup>
D	Nápočet laktácie			Denná produkcia				Zloženie mlieka				Kvalita mlieka					
C4:0	0,217	0,231	0,161	0,166	0,081	0,065	0,061	0,082	-0,015	-0,168	-0,083	-0,135	-0,192	-0,119	-0,067	-0,167	0,039
C6:0	0,412	0,430	0,347	0,379	-0,007	-0,092	-0,101	0,132	0,024	-0,203	-0,039	-0,176	-0,201	-0,094	-0,226	-0,221	0,050
C8:0	<b>0,512</b>	0,468	0,371	0,442	-0,098	-0,210	-0,191	0,059	0,003	-0,117	-0,011	-0,106	-0,111	-0,060	-0,279	-0,254	0,089
C10:0	<b>0,646</b>	<b>0,516</b>	0,398	<b>0,515</b>	-0,225	-0,351	-0,308	-0,056	-0,048	-0,011	0,045	-0,032	0,011	-0,031	-0,314	-0,286	0,062
C11:0	0,430	0,433	0,432	<b>0,513</b>	-0,118	-0,173	-0,159	0,008	0,131	0,147	-0,035	0,154	0,117	0,165	-0,205	-0,098	0,111
C12:0	<b>0,713</b>	0,499	0,367	<b>0,522</b>	-0,348	-0,482	-0,411	-0,186	-0,119	0,099	0,053	0,067	0,114	-0,027	-0,325	-0,335	0,124
C13:0	<b>0,518</b>	0,278	0,251	0,315	-0,344	-0,384	-0,377	-0,014	0,057	0,076	-0,161	0,052	-0,013	0,037	-0,211	<b>-0,491</b>	0,135
C14:0	<b>0,592</b>	0,468	0,317	0,440	-0,376	<b>-0,548</b>	<b>-0,505</b>	-0,169	<b>-0,273</b>	-0,142	0,145	-0,153	-0,057	-0,241	<b>-0,452</b>	-0,280	0,145
C15:0	0,223	-0,019	-0,068	0,065	-0,459	<b>-0,587</b>	<b>-0,512</b>	-0,194	-0,076	0,163	0,155	0,165	0,225	0,068	-0,227	-0,147	<b>0,481</b>
C16:0	0,264	0,359	0,396	0,397	-0,096	-0,088	-0,155	0,070	0,031	-0,091	0,000	-0,067	-0,081	-0,022	-0,060	0,017	-0,195
C17:0	<b>-0,657</b>	<b>-0,642</b>	<b>-0,556</b>	<b>-0,651</b>	0,265	0,356	0,378	0,030	0,118	0,136	-0,106	0,174	0,073	0,131	0,288	0,203	0,204
C18:0	<b>-0,607</b>	-0,453	-0,326	<b>-0,509</b>	0,468	<b>0,579</b>	0,476	0,159	0,149	0,017	-0,126	0,011	-0,048	0,088	<b>0,445</b>	0,278	-0,251
C20:0	-0,245	-0,400	-0,361	-0,432	-0,006	0,050	0,008	0,085	0,105	0,045	-0,032	0,044	0,025	0,094	0,213	-0,042	-0,177
C22:0	-0,303	-0,459	-0,382	-0,419	-0,192	-0,131	-0,154	0,064	0,169	0,168	-0,002	0,189	0,153	0,215	0,177	0,092	0,120
C24:0	-0,369	-0,403	-0,282	-0,352	-0,062	0,012	-0,014	0,128	0,228	0,148	0,159	0,165	0,215	<b>0,295</b>	0,128	0,250	0,175
C13:0i	<b>0,690</b>	0,395	0,291	0,469	<b>-0,524</b>	<b>-0,620</b>	<b>-0,566</b>	<b>-0,226</b>	-0,094	0,183	0,044	0,156	0,186	0,032	-0,227	-0,355	0,278
C14:0i	0,254	-0,079	-0,191	-0,099	<b>-0,559</b>	<b>-0,662</b>	<b>-0,610</b>	-0,100	-0,141	-0,055	0,145	-0,059	0,023	-0,095	-0,257	-0,283	0,254
C15:0ai	0,055	-0,278	-0,357	-0,254	<b>-0,511</b>	<b>-0,652</b>	<b>-0,555</b>	<b>-0,279</b>	<b>-0,237</b>	0,096	0,188	0,066	0,179	-0,081	-0,181	-0,200	<b>0,516</b>
C16:0i	0,052	-0,208	-0,250	-0,266	-0,416	-0,389	-0,455	-0,089	-0,224	-0,147	0,084	-0,156	-0,092	-0,223	-0,083	-0,326	-0,016
C17:0i	-0,568	<b>-0,575</b>	<b>-0,516</b>	<b>-0,542</b>	0,132	0,207	0,271	-0,082	0,022	0,186	-0,053	0,206	0,143	0,097	0,242	0,145	0,269
C17:0ai	-0,520	<b>-0,599</b>	<b>-0,540</b>	<b>-0,588</b>	0,051	0,130	0,166	-0,104	-0,027	0,151	-0,051	0,149	0,112	0,042	0,244	0,036	0,219
C10:1	<b>0,745</b>	<b>0,617</b>	0,479	<b>0,640</b>	-0,349	-0,472	-0,442	-0,105	-0,061	0,033	0,149	0,025	0,104	0,011	-0,282	-0,261	0,231
C12:1	<b>0,712</b>	0,487	0,363	<b>0,562</b>	-0,487	-0,540	-0,488	-0,238	-0,094	0,216	0,228	0,195	<b>0,309</b>	0,101	-0,237	-0,206	0,265
C14:1	<b>0,627</b>	0,364	0,267	0,441	<b>-0,568</b>	<b>-0,613</b>	<b>-0,548</b>	<b>-0,252</b>	-0,135	0,165	0,154	0,148	0,226	0,023	-0,260	-0,317	0,384
C15:1	0,468	-0,109	-0,072	-0,105	<b>-0,541</b>	<b>-0,548</b>	<b>-0,534</b>	-0,096	-0,043	0,116	<b>-0,398</b>	0,012	-0,153	-0,095	0,123	<b>-0,677</b>	<b>-0,459</b>
C16:1n7cis	-0,213	-0,162	-0,102	-0,062	0,046	0,238	0,314	-0,033	0,087	<b>0,156</b>	-0,182	0,172	0,052	0,095	0,128	-0,003	0,014
C16:1	-0,204	-0,355	-0,314	-0,244	-0,166	-0,134	-0,023	<b>-0,306</b>	-0,063	<b>0,420</b>	0,102	<b>0,396</b>	<b>0,430</b>	0,192	0,049	0,199	0,361
C17:1n7cis	<b>-0,682</b>	<b>-0,531</b>	-0,398	<b>-0,508</b>	0,286	0,420	0,413	0,041	0,043	0,030	-0,143	0,044	-0,043	0,008	0,275	0,220	0,063
C18:1n9cis	<b>-0,645</b>	<b>-0,531</b>	-0,428	<b>-0,528</b>	0,269	0,395	0,383	0,069	0,084	0,036	-0,042	0,033	0,011	0,071	0,290	0,259	-0,067
C18:1+C18:2	0,316	0,136	-0,002	0,128	-0,089	-0,235	-0,110	-0,118	-0,013	0,136	0,110	0,140	0,179	0,090	-0,139	-0,131	0,146
C19:1	-0,210	-0,184	-0,194	-0,187	-0,060	-0,246	-0,229	-0,124	-0,132	0,016	0,360	-0,015	0,193	0,007	-0,122	0,208	0,403
C20:1n9cis	-0,298	-0,320	-0,209	-0,306	-0,042	0,059	-0,009	0,078	0,094	0,050	0,164	0,027	0,126	0,142	0,028	0,093	0,032
C18:2n6cis,cis LA	-0,477	-0,316	-0,277	-0,295	0,338	0,317	0,393	-0,075	0,030	0,217	0,063	0,213	0,228	0,150	0,210	<b>0,545</b>	0,048
C18:3n3cisALA	-0,242	-0,403	-0,469	-0,434	0,028	0,023	0,158	-0,092	0,017	0,186	0,010	0,217	0,175	0,111	0,077	0,131	0,140
C18:2 9,11 CLA	-0,224	-0,404	-0,436	-0,403	-0,211	-0,292	-0,208	-0,042	0,005	0,070	0,128	0,074	0,128	0,075	-0,097	-0,025	0,306
C20:2n6+C21:0	-0,417	-0,341	-0,286	-0,343	-0,026	0,025	0,006	0,079	0,015	-0,095	0,105	-0,054	-0,031	-0,006	-0,025	0,296	0,108
C20:3n6cis	-0,282	-0,264	-0,166	-0,185	-0,019	0,048	0,046	-0,139	-0,038	0,198	0,139	0,157	0,247	0,109	0,061	0,272	0,083
C20:4n6cis ETA	-0,317	-0,234	-0,141	-0,195	0,238	0,239	0,274	0,107	0,205	0,163	-0,150	0,194	0,075	0,199	0,148	0,276	-0,108
C20:4n3cis	-0,189	-0,309	-0,252	-0,273	-0,156	-0,035	-0,044	0,120	0,199	0,094	-0,064	0,159	0,058	0,185	0,042	-0,057	0,117
C20:5n3cisEPA	<b>-0,523</b>	-0,472	-0,377	-0,440	0,165	0,276	0,317	0,005	0,113	0,187	-0,043	0,235	0,151	0,171	0,115	0,285	0,053
C22:5n3cisDPA	-0,254	<b>-0,512</b>	-0,498	-0,478	-0,056	-0,030	0,105	-0,235	-0,017	<b>0,401</b>	-0,194	<b>0,382</b>	<b>0,266</b>	0,135	0,135	0,007	0,046

Súčet mastných kyselín so strednou dĺžkou reťazca SAFAMC (33,49 +- 2,94), medzi ktoré počítame C16:0 – C17:0, vrátane izo i anteizo foriem, má menej významný vzťah k celkovému množstvu už vyprodukovaného mlieka, pričom najužšie je spojený, naopak, práve s vyprodukovaným tukom ( $r = 0,339$ ;  $P < 0,01$ ).

S nápočtom laktácie vysoko pozitívne korelované kyseliny C12:0 a C14:0, a stredne pozitívne korelovaná C16:0 sa spočítavajú do sumy hypercholesterolemických nasýtených mastných kyselín HCHFA (48,40 +- 4,27%). Tento súbor, ktorý vlastne tvorí polovicu mastných kyselín mliečného tuku, má všetky koeficienty vzťahu k celkovej produkcii v rozsahu od ( $r = 0,45$  pre tuk v kg, po  $r = 0,584$ ;  $P < 0,001$  pre dni laktácie. Aterogénny index (3,01 +- 0,63) vypočítaný z obsahu týchto kyselín, kde sa C14:0 považuje za štvornásobne účinnú, má s dňami laktácie vysoko štatisticky významnú koreláciu (0,6309;  $P < 0,001$ ), ako aj s vyprodukovaným množstvom mlieka (0,528), tuku (0,450) a bielkovín (0,544).

Samostatne vyhodnotené mastné kyseliny s rozvetveným reťazcom BCFA (2,02 +- 0,33 %) majú vzťah k predchádzajúcej produkcii mlieka negatívny, najbližší s množstvom tuku ( $-0,512$ ;  $P < 0,001$ ).

Ďalšia súčasť skupiny SAFA sú kyseliny SAFALC (8,17 +- 1,69%) s nasýteným reťazcom od C18 vyššie. Majú významný negatívny vzťah k počtu dní laktácie ( $-0,607$ ;  $P < 0,001$ ), i k vyprodukovanému množstvu mlieka, tuku a bielkovín, keď všetky  $r < -0,33$ ;  $P < 0,01$ .

Najmä v prvej tretine počas laktácie sa postupne spotrebúvajú telesné tukové zásoby, z ktorých pochádza časť vyšších mastných kyselín zabudovaných v mliečnom tuku a postupne sa rozširuje biosyntéza mastných kyselín de novo s kratším reťazcom. V prvej tretine laktácie tak rastie podiel cholesterolemických mastných kyselín a zvyšuje sa Aterogénny index.

Voči ukazovateľom výšky dennej produkcie (množstvo mlieka, tuku, a bielkovín v kg za deň) majú menované zložky skupiny SAFA opačný vzťah ako k ukazovateľom nápočtu laktácie.

SAFASC i SAFAMC ako skupiny majú menej štatisticky významné  $P < 0,05$ , až nevýznamné negatívne vzťahy s výškou dennej produkcie mlieka a jeho zložiek. Podobne i VFA, a HCHFA, ktoré boli pozitívne korelované s celkovou produkciou, vykázali negatívnu koreláciu k dennej produkcii. Aterogénny index vypočítaný z obsahu cholesterolemických kyselín má s dennou produkciou stredne štatisticky významnú negatívnu koreláciu (všetky  $-0,26 > k > -0,04$ ;  $P < 0,01$ ).

SAFALC mali k dennej produkcii pozitívny vzťah, najvýznamnejší k množstvu tuku v kg za deň, (0,568;  $P < 0,001$ ), v podstate vytvorený kyselinou stearovou C18:0 (0,587;  $P < 0,001$ ).

Avšak BCFA, ktoré mali negatívny vzťah k nápočtovým ukazovateľom, majú slabý ( $P < 0,01$ ) negatívny vzťah i k výške dennej produkcie, k množstvu mlieka, tuku i bielkovín.

Čím viac mlieka, a v ňom i tuku a bielkovín, dojnica denne vyprodukuje, tým má mliečny tuk menej krátkoreťazcových nasýtených mastných kyselín, medzi nimi i cholesterolemických, a tým má nižší aterogénny index. Produkcia kyselín de novo nie v plnej miere saturuje potrebu týchto mastných kyselín pre zvýšenú produkciu mlieka.

Mononenasýtené mastné kyseliny MUFA (26,26 +- 3,59%) majú ako celková suma k ukazovateľom nápočtu laktácie významný nepriamy vzťah. Ich obsah v mliečnom tuku klesá s množstvom celkovo vyprodukovaného tuku (-0,426), bielkovín (-0,494), mlieka (-0,514), i s narastajúcim počtom dní laktácie ( $r = -0,583$ ;  $P < 0,001$ ). Tento vzťah vytvárajú MUFALC (21,76 +- 3,65%), ktoré sú ich podstatnou zložkou. Majú všetky negatívne koeficienty v absolútnej hodnote vyššie ako celkové MUFA, najužšie je korelácia

s množstvom mlieka (-0,640;  $p < 0,001$ ). Základná v tomto súbore je kyselina olejová C18:1n9 OA (21,08 +- 3,59%), ktorej nepriame vzťahy sú tiež významnejšie ako pre celkové MUFA, najviac k počtu dní laktácie  $r = -0,645$ ;  $P < 0,001$ .

MUFASC (2,16+-0,53) celkový negatívny vzťah MUFA oslabujú, pretože sú s celkovou produkciou za uplynulú laktáciu korelované pozitívne, najužšie s množstvom bielkovín (0,528) a počtom dní (0,753;  $P < 0,0001$ ). Najmä v prvej tretine počas laktácie sa postupne spotrebúvajú telesné tukové zásoby, z ktorých pochádza časť vyšších mastných kyselín zabudovaných v mliečnom tuku a postupne sa rozširuje biosyntéza mastných kyselín de novo s kratším reťazcom.

Podobne ako SAFA, i kyseliny skupiny MUFA majú k ukazovateľom dennej produkcie opačný vzťah ako k celkovej, do dňa odberu vzorky uskutočnenej produkcii. Pozitívny korelačný koeficient je najvyšší vo vzťahu k dennej produkcii bielkovín (0,342). MUFASC s výškou dennej produkcie významne klesajú, najvýraznejšie s denným množstvom tuku,  $r = -0,623$ ;  $P < 0,001$ , najviac C14:1 (-0,662;  $P < 0,0001$ ). MUFAMC sú voči dennej produkcii neutrálne, až mierne pozitívne. MUFALC sú však k celkovej produkcii tiež len slabo pozitívne korelované, vplyvom hlavnej C18:1n9OA (pre tuk v kg na deň  $r = 0,395$ , pre bielkoviny  $r = 0,383$ ).

Polynenasýtené mastné kyseliny PUFA (3,26 +- 0,069%) identifikované v tejto práci majú v uhlíkovom reťazci od 18 do 22 uhlíkov. Celá skupina PUFA má k vyprodukovanému mlieku, tuku, bielkovinám i k počtu dní laktácie v nepriamom vzťahu vyrovnané korelačné koeficienty -0,468 – -0,485 ( $P < 0,01$ ) a k dennej produkcii bezvýznamný priamy vzťah ( $r < 0,25$ ). Aj skupina esenciálnych mastných kyselín má k vyprodukovanému mlieku, tuku, bielkovinám i k počtu dní laktácie v nepriamom vzťahu vyrovnané korelačné koeficienty -0,445 – -0,451 ( $P < 0,01$ ) a k dennej produkcii bezvýznamný priamy vzťah ( $r < 0,25$ ). V tomto trende je takmer každá z plynenasýtených mastných kyselín tejto skupiny, najvýraznejšia je C18:2n6LA, s najvyšším obsahom v mliečnom tuku (1,79+-0,28), ktorá má najužší priamy vzťah k počtu dní laktácie  $r = -0,477$ ;  $P < 0,01$ , a nepriamy k dennej produkcii bielkovín  $r = 0,393$ ;  $p < 0,01$ . Skupina kyselín n6 má významnejší vzťah ku dňom laktácie (-0,508), a skupina n3 k množstvu tuku (-0,523). Ich pomer n6/n3 sa najvýznamnejšie mení k vyššiemu v súvislosti s množstvom za uplynulú časť laktácie vyprodukovaných bielkovín (0,323) Z hľadiska humánnej výživy azda najcennejšia konjugovaná kyselina linolová CLA (0,54 +- 0,23%) s počtom dní laktácie klesá štatisticky nevýznamne ( $r = -0,224$ ), významnejší je pokles jej obsahu v súvislosti s (za uplynulú časť laktácie) dojnicou vyprodukovaným množstvom mlieka ( $r = -0,404$ ;  $P < 0,01$ ), tuku ( $r = -0,436$ ;  $P < 0,01$ ) a bielkovín ( $r = -0,403$ ;  $P < 0,01$ ). Ako jediná z PUFA však mierne klesá v mliečnom tuku i v súvislosti s dennou produkciou mlieka, tuku i bielkovín, najviac s množstvom tuku za deň ( $r = -0,292$ ;  $P < 0,05$ ). Tu sa potvrdzuje jej dlhoreťazcový charakter, keď počas laktácie v mliečnom tuku klesá, avšak vidíme i to, že táto esenciálna mastná kyselina je skutočne produkovaná metabolizmom prežívavca a k dennej výške produkcie sa chová ako krátkoreťazcové kyseliny syntetizované de novo.

Ako vidíme, zmeny pomerov PUFA k ostatným mastným kyselinám sú prevažne predurčené s postupujúcou laktáciou, počas ktorej klesajú, čo signalizuje vyčerpanie telesných tukových zásob dojnice, ale s výškou dennej produkcie sa ich zabudovanie do mliečneho tuku zvyšuje. Produkcia mlieka sa zvyšuje iba v prípade dostatku živín a energie, čo má pozitívny vplyv i na využívanie PUFA z krmív.

Celkové množstvo nenasýtených mastných kyselín USFA (29,52 +- 4,04 %) je predovšetkým tvorené dlhoreťazcovými MUFALC (21,76 %) a PUFA (3,26 %), ktoré v súčte v nami sledovanom súbore tvorili 25,02 %. Iba zvyšok, 4,50 % pripadá na MUFAMC (2,34 %) a MUFASC (2,16 %). Z toho vyplýva, že USFA sa v súhrnnom hodnotení správajú ako dlhoreťazcové. Majú pomerne úzky nepriamy vzťah k počtu dní laktácie  $r = -0,599$ ;  $P <$



0,001, k celkovému množstvu vyprodukovaného mlieka (-0,537), i bielkovín (-0,517) a slabší priamy vzťah k dennej produkcii tuku (0,321) a bielkovín (0,345).

Mastné kyseliny krátkoreťazcové SCFA, strednoreťazcové MCFA a dlhoreťazcové LCFA pokrývajú celé spektrum mliečneho tuku. Tieto podiely mliečneho tuku sú zaujímavé tým, že každý z nich tvorí približne tretinu mastných kyselín mliečneho tuku, ktoré sa navzájom kompenzujú pri zmenách počas laktácie. SCFA (30,98 +- 4,52%) počas prvej tretiny laktácie zvyšovali svoj podiel v mliečnom tuku štatisticky vysoko preukazne hlavne s počtom dní laktácie  $r = 0,682$ ;  $P < 0,0001$ , a s celkovým množstvom mlieka  $r = 0,516$ ;  $P < 0,001$ . MCFA (35,83 +- 3,03) boli od štádia laktácie a uskutočnenej produkcie mlieka takmer nezávislé, iba pre tuk  $r = 0,292$ . Podiel LCFA (33,19 +- 5,32) sa vysoko významne znižoval hlavne s počtom dní  $r = 0,674$ ;  $p < 0,0001$ , a s množstvom vyprodukovaných bielkovín  $r = -0,574$ ;  $P < 0,001$ .

Mastné kyseliny nasýtené SAFA, mononenasýtené MUFA a polynenasýtené PUFA taktiež tvoria trojicu podielov, ktoré dohromady obsahujú celé spektrum mastných kyselín. V skupine SAFA (70,48 +- 4,04%) sú prevažne krátkoreťazcové, ktoré počas laktácie stúpajú, a strednoreťazcové stagnujúce mastné kyseliny. V MUFA (26,26 +- 3,59%) prevažujú dlhoreťazcové kyseliny a PUFA (3,26 +- 3,59%) pozostávajú z dlhoreťazcových mastných kyselín, ktoré počas laktácie klesajú.

Obsah močoviny v mlieku je indikátorom jej nedostatočného zabudovania do aminokyselín v bielkovinách. Zaujímavosťou sa v tomto smere ukázala kyselina C15:0ai, ktorá patrila k najslabšie negatívne korelovaným kyselínám k hodnotám nápočtu laktácie a zároveň k najsilnejšie negatívne korelovaným k dennej produkcii. Bol tu naznačený slabý, ale spomedzi všetkých SAFA najsilnejší vzťah k indexu F/P, (-0,279;  $P < 0,05$ ) a k obsahu tuku v mlieku (-0,237; ns). Zároveň je hlavnou zložkou BCFA ktorá tvorí významný priamy vzťah k obsahu močoviny v mlieku (0,512;  $P < 0,001$ ). Celkové BCFA majú výsledný  $r = 0,381$ ;  $P < 0,04$  k obsahu močoviny v mlieku. Významný  $r = 0,481$ ;  $P < 0,01$  má i C15:0. Keďže rozvetvené a nepárne mastné kyseliny vznikajú z deaminovaných reťazcov rozvetvených a nepárnych aminokyselín, potvrdil sa tu vzťah medzi odbúraním bielkovín, ktoré nastupuje v prípade využitia bielkovín ako zdroja energie a produkciou rozvetvených mastných kyselín. Kyselina C15:0ai by tak mohla byť indikátorom tohto procesu. V tomto trende sa chovajú i krátkoreťazcové C12:1 (0,265), C14:1 (0,384), ale i izoméry C16:1 (0,361), a C19:1 (0,402). Tieto kyseliny sú zrejme tiež syntetizované de novo. Izoméry C16:1 zrejme patria k tej časti C16:1, ktorá pochádza z biosyntézy v mliečnej žľaze. Pri nich je pozoruhodný, oproti ostatným mastným kyselínám výnimočný vzťah ku zložkám mlieka, k obsahu bielkovín  $r = 0,420$ , k pomeru F/P  $r = -0,306$ , k obsahu minerálnych látok  $r = 0,396$  a k obsahu BTS  $r = 0,430$ ;  $P < 0,01$ . C19:1 ako nepárna kyselina je tiež produktom predlžovania nepárneho pôvodného reťazca. Pozitívny korelačný koeficient k obsahu močoviny v prvej tretine laktácie sa vyskytuje i pri konjugovanej kyseline linolovej, C18:2 9 11, CLA. Vysvetlenie tiež asi tkvie v jej pôvode z biosyntézy v organizme prežívavcov, pretože sa v prírode vyskytuje takmer výlučne v tuku prežívavcov. To, že jej obsah sa zvyšuje so zvyšovaním obsahu močoviny, ktorá pri tomto súbore vzoriek mala rozsah 18 – 49 mg.l<sup>-1</sup>, znamená, že CLA sa zvyšuje pri nežiaduco vysokom obsahu močoviny, ktorý je známkou nedostatku energie na tvorbu mliečnych bielkovín. Snaha o zvyšovanie obsahu CLA v mlieku touto cestou by tak bola kontraproduktívna.

Počet somatických buniek v mlieku má štatisticky významný negatívny vzťah ku krátkoreťazcovým kyselínám a pozitívny vzťah k dlhoreťazcovým (pre všetky uvedené  $r$   $P < 0,05$  –  $P < 0,001$ ), keď pre SAFASC  $r = -0,382$  a pre SAFALC  $r = 0,444$ , ďalej pre MUFASC  $r = -0,2665$  a pre MUFALC  $r = 0,285$ . To vo výslednom hodnotení znamená pre SCFA  $r = -0,379$  a pre LCFA  $r = 0,347$ , čo má mierny vplyv i na AI, keď  $r = -0,296$ . Hlavné mastné kyseliny ktoré vytvárajú nepriame vzťahy, sú krátkoreťazcové nasýtené C8:0 (-0,279), C10:0

(-0,314), C12:0 (-0,325), C14:0 (-0,456), a v tomto trende, i keď miernejšie sú i nenasýtené C10:1 (-0,282), C14:1 (-0,260), C13:0i (-0,227) a C14:0i (-0,257). Priame vzťahy sú tvorené hlavne kyselinou stearovou C18:0 (0,445) a kyselinami C17:0 (0,288), C17:1 (0,275) a C18:1 OA (0,290). Ako vidíme, s počtom somatických buniek súvisí podiel nižších mastných kyselín syntetizovaných de novo v sekrečnom epiteli mliečnej žľazy, ktorý sa pri zvýšení PSB v mlieku znižuje, čo je pre zápalom ohrozené tkanivo pochopiteľné. Tým sa zvyšuje podiel mastných kyselín s dlhším reťazcom prichádzajúcich krvou z depotného tuku a tuku krmiva.

Teplota tuhnutia mlieka (TTM) súvisí s obsahom chloridov a taktiež ako PSB indikuje poruchu sekrécie mlieka mliečnou žľazou. SCFA majú k tejto hodnote nepriamy vzťah  $r = -0,343$ ;  $P < 0,01$  a LCFA priamy vzťah  $r = 0,298$ ;  $P < 0,05$ . Zo SCFA sa taktiež jedná o C8:0 (-0,254), C10:0 (-0,286), C12:0 (-0,335), C14:0 (-0,280), a v tomto trende, i keď miernejšie sú i nenasýtené C10:1 (-0,261), C14:1 (-0,317) C13:0i (-0,355) a C14:0i (-0,284), čo znamená zníženie biosyntézy nižších mastných kyselín a mierny vplyv na znižovanie AI (-0,296). Pozitívne vzťahy sú tvorené hlavne kyselinou stearovou C18:0 (0,278) a olejovou C18:1 OA (0,260), ktorých podiel v mliečnom tuku stúpa v dôsledku poklesu SCFA.

Korelačné koeficienty mastných kyselín s teplotou tuhnutia mlieka však indikujú i ďalšie, pri PSB nepozorované vzťahy. Vysoký negatívny korelačný koeficient vykazujú kyseliny C13:0 (-0,491;  $P < 0,01$ ) C15:1 (-0,677;  $P < 0,0001$ ). Pozitívny vzťah k TTM vykazujú C18:2n6ALA (0,545;  $P < 0,001$ ) doprevádzaná ďalšími n6 kyselinami C20:2n6 (0,296), C20:3n6 (0,272), C20:4n6 (0,276), ale i C20:5n3 (0,285). Z toho pramení vysoký korelačný koeficient medzi teplotou tuhnutia mlieka a obsahom celej skupiny n6 mastných kyselín  $r = 0,538$ ;  $P < 0,001$ , ktoré sú súčasťou polynenasýtených mastných kyselín PUFA  $r = 0,3688$ ;  $P < 0,01$  a tiež esenciálnych mastných kyselín EMK  $r = 0,375$ ;  $P < 0,01$ . (Netýka sa to ďalších n3 kyselín a CLA). Súvislosť môžeme hľadať v zvýšenom prísune týchto kyselín do mliečneho tuku počas zvyšovania podielu vyšších kyselín počas zvýšeného PSB pri zvýšenom obsahu chloridov, čo sa však vo vzťahu k PSB neprejavuje. Alebo sa jedná o inú súvislosť medzi zvyšovaním obsahu solí a nízkomolekulových metabolitov ako napr. ketolátky, kyselina citrónová a pod., ktoré spôsobujú zvýšenie TTM v mlieku, a zvyšovaním obsahu PUFA. Museli by to byť ale organické látky, pretože vzťah s minerálnymi látkami sa pri týchto kyselinách neukazuje. Jedným z takýchto metabolitov, ktoré majú vplyv na teplotu tuhnutia mlieka je močovina, tá však v k obsahu kyselín n6 v tomto súbore vzoriek nemá žiaden vzťah.

Súvis medzi obsahom močoviny a TTM sa prejavuje pri C15:1, ktorá má k obom ukazovateľom významný negatívny vzťah (k močovine -0,460 a k TTM -0,677;  $P < 0,0001$ ).

Keď sa pozrieme na grafické znázornenie vzťahu n6 a TTM, vidíme, že pozitívnu koreláciu týchto vlastností spôsobujú tie vzorky, pri ktorých je TTM nižšia ako štandardná hodnota predpísaná pre SKM, a to 520 (-m°C). Takže vlastne musíme hľadať príčiny, prečo sa pri znižovaní TTM znižuje i obsah n6 kyselín v mliečnom tuku. TTM je parameter zložitejší, hlavne pri hľadaní príčin, pre ktoré sa znižuje v prípade, ak sa neznižuje obsah minerálnych látok, či beztukovej sušiny, teda ak sa nejedná o porušenie mlieka pridaním vody.

V práci Kirchnerová et al. (2009) sme štatistickou metódou hlavných komponentov určili 2 významné komponenty, ktorých korelačné koeficienty k teplote tuhnutia mlieka pre PCR1  $r = 0,588$  a pre PCR3  $r = 0,699$  sú vyššie ako korelačné koeficienty ktorejkoľvek sledovanej vlastnosti mlieka samostatne. Prvý hlavný komponent síce charakterizuje hlavne kombináciu minerálnych látok, tzv. makroprvkov: Ca, P, Mg, Na, K, obsiahnutých v mlieku, ale významnú úlohu v ňom zároveň zohrávajú aj kyslosť mlieka vyjadrená ako °SH a pH a obsah bielkovín. Tento komponent ukazuje, že teplota tuhnutia mlieka závisí nielen od obsahu minerálnych látok ako osmoticky účinných látok, ale i od stupňa disociácie ich solí a bielkovín v mlieku, ktorý je ovplyvnený kyslosťou mliečnej plazmy. Hlavný komponent

PCR3 je z najväčšej časti naplnený obsahom močoviny, laktózy, hodnotou pH, a obsahom horčíka Mg. Kombinácia týchto zložiek je akýmsi obrazom rovnováhy medzi energetickou hodnotou a obsahom a formou dusíkatých látok v kŕmnej dávke, a taktiež medzi hodnotou pH, vyjadrujúcou kyslosť mlieka a zásadotvorným horčíkom. V súhrne sme na základe štúdia vplyvov na TTM dospeli k záveru, že jeho hodnota sa zhoršuje za súčasného zvyšujúceho sa obsahu makroprvkov, čo by bol sám osebe paradox, vplyvom znižovania titračnej ( $^{\circ}\text{SH}$ ), a zvyšovania hodnoty aktuálnej (pH) kyslosti, čiže ak mlieko nemá dostatočnú kyslosť, a pri znižovaní obsahu bielkovín. Tieto výsledky potvrdili, že v záujme dodržania predpísaného limitu pre TTM je potrebná komplexná starostlivosť o výživu dojníc, zabezpečenie dostatočnej hladiny minerálov, energie a dusíkatých látok v kŕmnej dávke, v záujme ich dostatočného obsahu v mlieku a v záujme zabezpečenia správnej titračnej ( $^{\circ}\text{SH}$ ), i aktuálnej (pH) kyslosti. To je zrejme i cesta pre zabránenie znižovaniu kyselín n6, PUFA a EMK v mlieku vzhľadom na ich úzku koreláciu s TTM, podľa ktorej usudzujeme, že sa jedná vlastne o koreláciu s kyslosťou mlieka, ktorej hodnoty úzko súvisia s úrovňou výživy a metabolickým stavom dojníc.

### ZÁVER

Najmä v prvej tretine počas laktácie sa postupne spotrebúvajú telesné tukové zásoby, z ktorých pochádza časť vyšších mastných kyselín zabudovaných v mliečnom tuku a postupne sa rozširuje biosyntéza mastných kyselín de novo s kratším reťazcom. Rastie podiel cholesterolemických mastných kyselín a zvyšuje sa Aterogénny index, ktoré sa však znižujú pri vyššej dennej produkcii mlieka a jeho zložiek. Mononenasytené mastné kyseliny majú k ukazovateľom nápočtu laktácie významný nepriamy vzťah a s výškou dennej produkcie stúpajú.

Konjugovaná kyselina linolová CLA počas laktácie klesá v súvislosti s dojnícou vyprodukovaným množstvom mlieka, tuku a bielkovín za uplynulú časť laktácie. Tu sa potvrdzuje jej dlhoreťazcový charakter. Ako jediná z PUFA však mierne klesá v mliečnom tuku i v súvislosti s dennou produkciou mlieka, tuku i bielkovín. Táto esenciálna mastná kyselina je teda skutočne produkovaná metabolizmom prežúvavca a k dennej výške produkcie sa chová ako krátkoreťazcové kyseliny syntetizované de novo.

Celá skupina PUFA má k vyprodukovanému mlieku, tuku, bielkovinám i k počtu dní laktácie nepriamy vzťah a k dennej produkcii slabý priamy vzťah. Ako vidíme, zmeny pomerov PUFA k ostatným mastným kyselinám sú prevažne predurčené s postupujúcou laktáciou, počas ktorej klesajú, čo signalizuje vyčerpanie telesných tukových zásob dojnice, ale s výškou dennej produkcie sa ich zabudovávanie do mliečneho tuku zvyšuje. Produkcia mlieka sa zvyšuje iba v prípade dostatku živín a energie, čo má pozitívny vplyv i na využívanie PUFA z krmív.

Pri CLA sa vyskytuje pozitívny korelačný koeficient k obsahu močoviny. To znamená, že CLA sa zvyšuje pri nežiaduco vysokom obsahu močoviny, ktorý je známkou nedostatku energie na tvorbu mliečnych bielkovín. Snaha o zvyšovanie obsahu CLA v mlieku touto cestou by tak bola kontraproduktívna. S počtom somatických buniek sa podiel nižších mastných kyselín syntetizovaných de novo v sekrečnom epiteli mliečnej žľazy znižuje, čo je pre zápalom ohrozené tkanivo pochopiteľné. Tým sa zvyšuje podiel mastných kyselín s dlhším reťazcom prichádzajúcich krvou z depotného tuku a tuku krmiva. TTM, kde je potrebná komplexná starostlivosť o výživu dojníc, prejavuje úzku koreláciu s kyselinami n6, PUFA a EMK.

Rozbor vzťahov mastných kyselín mliečneho tuku ku kvalitatívno-produkčným ukazovateľom mlieka ukazuje, že zmeny v zložení mliečneho tuku sú spôsobované zmenou pomeru de novo a depotných mastných kyselín a žiadna kyselina alebo skupina nepodlieha

špecifickému vplyvu sledovaných ukazovateľov, ktorým by bolo možné ovplyvňovať jej podiel v mliečnom tuku. A teda nie je možné ovplyvňovať niektorú skupinu, prípadne žiaducu mastnú kyselinu, napr. CLA, bez vplyvu na celkové zloženie mliečneho tuku. Pastva má síce lepšie hodnoty zloženia mliečneho tuku zo zdravotného hľadiska, ale za cenu nižšej produkcie ako vidíme podľa korelácií na horských hospodárstvach s pastevným systémom chovu dojníc.

**PodĎakovanie:** Príspevok vznikol na základe projektu APVV-0153-07

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu „CEGEZ č. 26220120042“, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## LITERATÚRA

1. BAUMAN, D. E., MATHER, I. H., WALL, R. J. et al. 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. In *J. Dairy Sci.*, vol. 89, 2006, no. 4, p. 1235-1243.
2. COLOMB, M., SOLLBERGER, H., BÜTIKOFER, U. et al. 2004. Impact of basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. In *Int. Dairy J.*, vol. 14, 2004, no. 6, p. 549-559.
3. HAUG, A., HOSTMARK, A. T., HARSTAD, O. M. 2007. Bovine milk in human nutrition - a review. In *Lipids in health and disease*, 2007, 6, p. 25.
4. KIRCHNEROVÁ, K., FOLTYS, V. 2009. Štatistická analýza nevyhovujúcej teploty tuhnutia mlieka pomocou metódy hlavných komponentov. In *XXXV. Seminár o jakosti potravín a potravinových surovín – Ingrový dny*, Brno, ČR, 5.3.2009. Brno, MZLU, 2009, Zborník súhrnov, s. 25, tlač. Zborník príspevkov, s. 112-119, CD ISBN: 978-80-7375-281-1
5. KIRCHNEROVÁ K., FOLTYS V., ŠPIČKA, J. 2011. Rozdiely v profile mastných kyselín mliečneho tuku vo vzťahu k systému výživy dojníc. In *Mliekarstvo*, vol. 41, 2011, no. 1, p. XV-XIV.
6. KRIS-ETHERTON, P. M., GRIEL, A. E., PSOTA, T. L. et al. 2005. Dietary stearic acid and risk of cardiovascular disease. In *Lipids*, vol. 40, 2005, no. 12, p. 1193-1200.
7. MÅNSSON, H. L. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. In *Food Nutr Res.*, vol. 52, 2008 [PubMed]
8. MENSINK, R. P. 2005. Effects of stearic acid on plasma lipid and lipoproteins in humans. In *Lipids*, vol. 40, 2005, no. 12, p. 1201-1205.
9. PIATKOWSKI, B. 1975. *Rinderfütterung*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1983, 192 s.
10. PIJANOWSKI, E. 1977. *Základy chémie a technológie mliekarstva*. Bratislava : Príroda, 1977, 478 s.
11. ULBRICHT, T. L. V., SOUTHGATE, D. A. T. 1991. Coronary heart disease seven dietary factors. In *Lancet*, vol. 338, 1991, no. 8773, p. 985-992.
12. VESELÝ, A., KŘÍŽOVÁ, L., RICHTER, M. et al. 2008. Evaluation of extruded rapeseed and extruded full-fat soya as dietary components on nutritional and physical properties of bovine milk. In: *Agricultural production practice and food biotechnological manipulations for support of positive health impacts of milk and milk products. Proceedins of contributions*. 8. 10. 2008, Research institute for cattle breeding, Ltd., Rapotín. p. 68-71.
13. WHO/FAO 2003. Diet, Nutrition and the Prevention of chronic disease. WHO Technical Report Series, 916, Geneva, Switzerland, 56 pp.

### Kontaktná adresa:

Ing. Katarína Kirchnerová, PhD., Ústav výživy, CVŽV Nitra, Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky, e-mail: [kirchnerova@cvzv.sk](mailto:kirchnerova@cvzv.sk)