

- POUTREL, B., DE CRÉMOUX, R., DUCELLIEZ, M., VERNERU, D. 1997. Control of intramammary infections in goats, impact on somatic cell counts. *J. Anim. Sci.*, 75(2): 566-570.
- PŘÍDALOVÁ, H., JANŠTOVÁ, B., CUPÁKOVÁ, Š., DRAČKOVÁ, M., NAVRÁTILOVÁ, P., VORLOVÁ, L. 2009. Somatic Cell Count in Goat Milk. *Folia Veterinaria*, 53(2): 101-105.
- RAMSAHOI, L., GAO, A., FABRI, M., ODUMERU, J. A. 2011. Assessment of the application of an automated electronic milk analyzer for the enumeration to total bacteria in raw goat milk. *J. Dairy Sci.*, 94(7): 3279-3287.
- RAYNAL-LJUTOVAC, K., GABORIT, P., LAURENT, A. 2005. The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Rumin. Res.*, 60: 167-177.
- RAYNAL-LJUTOVAC, K., PIRISI, A., DE CREMOUX, R., GONZALO, C. 2007. Somatic cells of goat and sheep milk: analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Rumin. Res.*, 68: 126-144.
- ROTA, A.M., GONZALO, C., RODRIGUEZ, P.L., ROJAS, A.I., MARTIN, L., TOVAR, J.J., 1993a. Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves. *Small Rumin. Res.*, 12: 211-219.
- ROTA, A.M., GONZALO, C., RODRIGUEZ, P.L., ROJAS, A.I., MARTIN, L., TOVAR, J.J., 1993b. Somatic cell types in goats milk in relation to total cell count, stage and number of lactation. *Small Rumin. Res.*, 12: 89-98.
- SCATAMBURLO, T.M., YAMAZI, A.K., CAVICCHIOLI, V.Q., PIERI, F.A., NERO, L.A. 2015. Spoilage potential of *Pseudomonas* species isolated from goat milk. *J. Dairy Sci.*, 98: 759-764.
- SHIVAIRO, R.S., MATOFARI, J., MULEKE, C.I., MIGWI, P.K., LUGAIRI, E. 2013. Factors Influencing the Somatic Cell Counts in Goat Milk in Kenya. *Food Sci. and Quality Management*, 17: 47-54.
- SILANIKOVE, N., LEITNER, G., MERIN, U., PROSSER, C.G. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Rumin. Res.*, 89(2-3): 110-124.
- SKEIE, S.B. 2014. Quality aspects of goat milk for cheese production in Norway: A review. *Small Rumin. Res.*, 122(1-3): 10-17.
- SOUZA, G., BRITO, J.R.F., APARECIDA, M., BRITO, V.P., LANGE, C., FARIA, C., MORAES, L., FONSECA, R.G., SILVA, Y. 2009. Composition and bulk tank somatic cellcounts of milk from dairy goat herds in Southeastern Brazil. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 46: 19-24.
- SOUZA, F.N., BLAGITZ, M.G., PENNA, C.F.A.M., DELLA LIBERA, A.M.M.P., HEINEMANN, M.B., CERQUEIRA, M.M.O.P. 2012. Somatic cell count in small ruminants: Friend or foe? *Small Rumin. Res.*, 107: 65-75.
- STUHR, T., AULRICH, K., BARTH, K., KNAPPSTEIN, K., LARSEN, T. 2013. Influence of udder infection status on milk enzyme actives and soamtic cell count throughout early lactation in goats. *Small Rumin. Res.*, 111(1-3): 139-146.
- STUHR, T. & AULRICH, K. 2010. Intramammary infections in dairy goats: recent knowledge and indicators for detection of subclinical mastitis. *Agric. and Forestry Res.*, 4(60): 267-280.
- SUNG, Y.Y., WU, T.I., WANG, P.H. 1999. Evaluation of milk quality of Alpine, Nubian, Saanen and Toggenburg breeds in Taiwan. *Small Rumin. Res.*, 33: 17-23.
- ŠVEJCAROVÁ, M., ELICH, O., PECHAČOVÁ, M., ZENAIB, A., MALÁ, G. 2010. Vliv způsobu dojení a přípravy mléčné zlázy na mikrobiologické a chemické parametry dojných ovcí. *Mlékařské listy - Zpravodaj*, 123: 21-24.
- VACCA, G.M., DETTORI, M.L., CARCANGIU, V., ROCCHIGIANI, A.M., PAZZOLA, M. 2010. Relationships between milk characteristics and somatic cell score in milk from primiparous browsing goats. *Anim. Sci. J.*, 81: 594-599.
- VIHAN, V.S., 1989. Determination of NAGase activity in milk for diagnosis of subclinical caprine mastitis. *Small Rumin. Res.*, 2: 359-366.
- VYHLÁŠKA č. 11/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 289/2007 Sb., o veterinárních a hygienických požadavcích na živočišné produkty, které nejsou upraveny přímo použitelnými předpisy Evropských společenství, ve znění vyhlášky č. 61/2009 Sb.
- WILSON, D.J., STEWART, K.N., SEAR, P.M. 1995. Effects of stage of lactation, production, parity and season on somatic-cell counts in infected and uninfected dairy goats. *Small Rumin. Res.*, 16: 165-169.
- YING, C.W., WANG, H.T., HSU, J.T. 2002. Relationship of somatic cell count, physical, chemical and enzymatic properties to the bacterial standard plate count in dairy goat milk. *Livest Prod. Sci.* 74: 63-77.
- YING, CH, WANG, H. T., HSU, J. T. 2004. Relationship of Somatic Cell Count, Physical, Chemical and Enzymatic Properties to the Bacterial Standard Plate Count in Different Breeds of Dairy Goats. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17(4): 554-559.
- ZENG, S.S. & ESCOBAR, E.N. 1995. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Rumin. Res.*, 17(3): 269-274.
- ZENG, S.S., ESCOBAR, E.N. 1996. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Rumin. Res.*, 19: 169-175.
- ZWEIFEL, C., MUEHLHERR, J. E., RING, M., STEPHAN, R. 2005. Influence of different ruminant factors in milk production on standard plate count of raw small ruminant's bulk-tank milk in Switzerland. *Small Rumin. Res.*, 58: 63-70.

**Korespondenční adresa:** prof. Dr. Ing. Jan Kuchtik, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav chovu a šlechtění zvířat, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: kuchtik@mendelu.cz

Přijato do tisku: 20. 9. 2015

Lektorováno: 4. 10. 2015

## ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN V KOZÍM MLÉCE, JOGURTU A ČERSTVÉM SÝRU KOZ PŘIKRMOVANÝCH ŘASAMI

Ing. Markéta Borková Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Ivana Hyršlová<sup>1</sup>, Ing. Klára Michnová<sup>2</sup>, doc. Ing. Milena Fantová CSc.<sup>2</sup>, Ing. Miloslav Šulc Ph.D.<sup>3</sup>, Ing. Ondřej Elich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha

<sup>2</sup> Katedra speciální zootechniky, Česká zemědělská univerzita v Praze

<sup>3</sup> Katedra chemie, Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fatty acid profile of milk, yoghurt and fresh cheese of goats fed algae**

### Abstrakt

Výživa koz patří mezi významné faktory, které mohou ovlivnit zastoupení mastných kyselin v mléce. Účelem této práce bylo stanovit vliv přídatku zelené řasy *Chlorella vulgaris* a mikrořasy *Japanochytrium* sp. do krmné dávky koz bílých krátkosrstých na profil mastných kyselin v mléce a mléčných výrobcích. Stádo čtyřiceti pěti koz bylo na začátku jejich druhé laktace rozděleno do dvou pokusných a jedné kontrolní skupiny po patnácti kusech. Pokusné skupiny byly denně přikrmovány 10 g granulované řasy *Chlorella vulgaris*, resp. 5 g granulované mikrořasy *Japanochytrium* sp. Kontrolní skupina byla krmena bez přídatku řasy. Sledováno bylo zastoupení mastných kyselin v kozím mléce, jogurtu a čerstvém sýru. Bylo zjištěno, že přídatek mikrořasy *Japanochytrium* sp. ovlivnil profil mastných kyselin v kozím mléce, jogurtu a čerstvém sýru. Pro zelenou řasu *Chlorella* nebyl tento účinek zjištěn.

**Klíčová slova:** Kozí mléko, mastné kyseliny, řasy, *Chlorella vulgaris*, *Japanochytrium* sp.

## Abstract

The feed composition is one of the factors that may influence milk fatty acid profile. The purpose of this study was to investigate the effect of green algae *Chlorella vulgaris* and microalgae *Japanochytrium* sp. addition into goat diet on fatty acid profile of goat milk and milk products. Forty five White Shorthaired dairy goats during their second lactation were divided into two experimental groups and one control group of fifteen animals. The feeding in the experimental groups was daily enriched by the addition of 10 g of granulated *Chlorella vulgaris* resp. 5 g of granulated *Japanochytrium* sp. There was no algae supplementation in the control group. The fatty acid profile of goat milk, yoghurt and fresh cheese was studied. Our results showed that addition of *Japanochytrium* sp. had influence on fatty acid profile of goat milk, yoghurt and fresh cheese. This effect wasn't found for *Chlorella vulgaris* supplementation.

**Keywords:** Goat milk, milk products, fatty acids, algae, *Chlorella vulgaris*, *Japanochytrium* sp.

## Úvod

Kozí mléko a výrobky z něho vyrobené jsou ve výživě lidí zdrojem cenných nutričních látek. Významnou předností kozího mléka v porovnání s mlékem kravským je složení mléčného tuku. Kozí mléčný tuk je bohatý na obsah nižších nasycených mastných kyselin, kterými jsou kyseliny kapronová (C6:0), kaprylová (C8:0) a kaprinová (C10:0). Tyto nasycené mastné kyseliny s nízkým nebo středně dlouhým počtem uhlíků v molekule jsou z nutričního hlediska velmi prospěšné. Na rozdíl od negativních účinků vyšších nasycených mastných kyselin mají mnoho pozitivních účinků a využívají se při léčbě chorob srdečních, střevního systému, malabsorpčních syndromů a cystické fibrózy a také při problémech se žlučníkem (Jandal, 1996; Sanz Sampelayo a kol. 2007). Výhodou kozího mléčného tuku je také jeho lepší stravitelnost způsobená menší velikostí tukových kapének (Park a Haenlein, 2007).

V posledních letech je předmětem mnoha výzkumů možnost navýšení obsahu dalších zdravotně prospěšných mastných kyselin v kozím mléce jako jsou konjugovaná kyselina linolová (CLA) a dále omega-3 a omega-6 polyenové mastné kyseliny (Cattaneo a kol., 2006; Miri a kol., 2013). Významným faktorem, jak lze dosáhnout takových změn v profilu mastných kyselin mléčného tuku, je výživa zvířat (Bouattour a kol., 2008; Sanz Sampelayo a kol., 2004; Schmidely a kol., 2005). Složení krmiva a případného přídatku může významně ovlivnit zastoupení mastných kyselin v mléčném tuku zvířat. Vhodným přídatkem mohou být např. některé řasy, které jsou zdrojem nutričně cenných lipidů s vysokým obsahem polyenových mastných kyselin a to zejména omega-3 a omega-6 mastných kyselin (Otleš a Pire, 2001).

Řasy podle současného taxonometrického pojetí spadají do několika říší a jedná se o seskupení nepřibuzných skupin organismů, z nichž jen některé jsou blízké rostlinám. Vybraná zelená řasa *Chlorella vulgaris* je součástí říše *Plantae* a patří do čeledi *Chlorellaceae* z třídy *Trebouxiophyceae*. *Chlorella* je významným zdrojem kyseliny linolové a  $\alpha$ -linolenové (Petkov a Garcia, 2007). Mořská mikrořasa *Japanochytrium* sp. patří do čeledi *Thraustochytriaceae*, která je zařazena do třídy *Labyrinthulomycetes* z říše *Chromista* (Burja a kol. 2006). Na rozdíl od *Chlorelly* neobsahuje zelená barviva. Někteří zástupci z čeledi *Thraustochytrids* jsou významným zdrojem vzácné kyseliny dokosahekanové (all-cis-4,7,10,13,16,19-C22:6; DHA) (Jasuja a kol., 2010). V této práci byl sledován vliv příkrmu zelené řasy *Chlorella vulgaris* a mořské mikrořasy *Japanochytrium* sp. do krmné dávky koz bílých krátkosrstých na profil mastných kyselin v kozím mléce, jogurtu a sýru.

## Materiál a Metody

### Metodika pokusu

Mléko od jednotlivých koz bílých krátkosrstých bylo odebráno v květnu (0. den) a červnu (49. den) roku 2014. Stádo 45 koz na druhé laktaci bylo rozděleno na tři skupiny po 15 kusech. První pokusné skupině bylo k základní krmné dávce přidáváno denně 10 g granulované *Chlorella v.* (skupina Ch). Druhé pokusné skupině bylo denně přidáváno 5 g granulovaného *Japanochytrium* sp. (skupina J). Kontrolní skupina byla krmená pouze základní krmnou dávkou (skupina K). První přídatek řasy byl uskutečněn den po počátečním odběru vzorků v květnu. Tento odběr na začátku pokusu byl uskutečněn z důvodu kontroly vlivu dalších faktorů na homogenitu výsledků ve vytvořených skupinách. Kozy byly měsíc před pokusem ustájeny uvnitř a krmeny stejnou krmnou dávkou. Vnitřní ustájení zvířat pokračovalo v průběhu experimentu. Základní krmná dávka byla složena z: lučního porostu průměrné kvality (2 kg/kus/den), sena *ad libitum* a jadrné směsi (300 g/kus/den).

### Příprava kozího jogurtu

Kozí mléko použité k výrobě jogurtů a sýrů bylo směsné mléko koz krmených základní krmnou dávkou (jogurt K) a koz příkrmovaných řasou *Japanochytrium* (jogurt J) a *Chlorellou* (jogurt Ch). Mléko bylo odebráno sedm dní po analýze individuálních mlék v červnu (56. den). V této době pokračovalo příkrmování zvířat řasami v daných skupinách. Sušina mléka byla upravena na 21 % přídatkem sušeného odtučněného kravského mléka (Gemermilk RS s.r.o., Rimavská Sobota; sušina 95,6 %) a přídatkem 5 % (w/w) prebiotika Orafiti P95 na bázi čekankového inulinu (BENEO-Orafiti, Belgie; sušina 96,0 %). Pasterace v případě výroby jogurtů probíhala při teplotě 74 °C po dobu 5 minut, fermentace při 30 °C 16-18 hod. Při fermentaci byla využita jogurtová kultura CCDM 528 a probiotický kmen *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Bb12.

### Příprava čerstvého sýru

Čerstvé sýry byly vyrobeny s využitím syřidlového preparátu Laktoflora® (MILCOM a.s., ČR) podle postupu uvedeného v práci Ducková a kol. (2013) s malou úpravou. Do směsných vzorků mléka J, K a Ch bylo přidáno 5 % (w/w) prebiotika Orafit P95.

### Stanovení mastných kyselin mléčného tuku

Mléčný tuk pro přípravu methylesterů mastných kyselin byl ze vzorků extrahován podle ČSN EN ISO 1211. Mastné kyseliny byly převedeny na methylestery postupem uvedeným v článku Borková a kol. (2015a) a změřeny na přístroji GC-FID (Agilent 7890A) za podmínek popsaných v tomto článku.

### Stanovení mastných kyselin v krmivu a řasách

Vzorky pro analýzu krmiva byly odebrány 49. den příkrmu. Analýza mastných kyselin řasy *Japanochytrium* a *Chlorella* byla provedena podle postupu popsaného v článku Okrouhlá a kol. (2013). Stanovení mastných kyselin krmiva bylo uskutečněno podle postupu uvedeného v článku Kubelková a kol. (2013).

### Statistická analýza

Pro vyhodnocení rozdílů mezi kontrolní (K) a pokusnými (Ch a J) skupinami v zastoupení mastných kyselin byla použita ANOVA pro opakovaná měření (STATISTICA 12, StatSoft, Inc). Post-hoc Tukey HSD testem ( $P < 0,05$ ) byly vyhodnoceny rozdíly mezi kontrolní a pokusnými skupinami zvířat.

### Výsledky a diskuse

Aditiva přidávaná do krmiva koz mohou významně ovlivnit zastoupení mastných kyselin v jejich mléce. Jedním z důležitých faktorů, který může takové změny způ-

sobit je složení lipidové složky použitého aditiva (Chilliard a kol., 2014). Pro posouzení vlivu přidávaných řas na profil mastných kyselin kozího mléka a jeho produktů je důležité znát jejich složení. Výsledky profilu mastných kyselin v základní krmné dávce a v řasách *Japanochytrium* a *Chlorella* jsou uvedeny v tabulce 1. *Chlorella* je významným zdrojem polynenasycených mastných kyselin (PUFA; 62,1 %) a to zejména kyseliny linolové (all-cis-9,12-C18:2; 28,3 %) a  $\alpha$ -linolenové (all-cis-9,12,15-C18:3; 33,7 %). Překvapivě nízký obsah polynenasycených mastných kyselin byl zjištěn pro *Japanochytrium* (7,7 %), čímž se velmi liší od *Chlorelly* i základní krmné dávky, které mají srovnatelný obsah PUFA srov. tabulku 1. *Japanochytrium* obsahuje vysoký podíl kyseliny palmitové (C16:0; 50,0 %) a olejové (cis-9-C18:1; 25,7 %).

Z výsledků analýzy individuálních mlék (tabulka 2) je patrný nárůst obsahu C10:0 až C16:0 ve skupině K a Ch v červnu, který je způsoben pravděpodobně vlivem stádia laktace a/nebo měnícím se lučním porostem v průběhu experimentu. V porovnání s kontrolou je jiná situace ve skupině J, kde došlo ke zvýšení pouze obsahu C16:0 a nebyl zjištěn statisticky významný nárůst C10:0 až C14:0. Pokles obsahu C18:0 byl v červnu zaznamenán ve všech skupinách. Největší pokles byl patrný pro skupinu Ch (o 2,67 %), pak pro skupinu J (o 2,09 %) a nejnižší pro kontrolu (o 1,61 %). Z nasycených mastných kyselin (SFA) byl statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a skupinami J nebo Ch v červnu (49. den příkrmu) zjištěn pouze v obsahu C18:0 mezi skupinou J a K. Výsledky jsou ovlivněny původními hodnotami z počátku experimentu v květnu, kdy byl již v době bez příkrmu řasy zjištěn statisticky významný rozdíl mezi obsahem C18:0 pro skupinu J (10,45 %) a Ch (11,98 %). Mezi skupinou Ch (9,31 %) a K (9,80 %) nebyl v červnu zjištěn statisticky významný rozdíl, ovšem největší pokles obsahu C18:0 v červnu je patrný právě pro skupinu Ch (o 2,67 %, viz výše). Tento rozdíl na začátku pokusu v době bez příkrmu řasou a poté co zvířata již měsíc dostávala stejnou základní krmnou dávku, může být způsoben rozdílnými genetickými faktory jako např. genetickým polymorfismem v genotypu alfa S1-kaseinu (Valenti a kol., 2009) a je předmětem dalšího výzkumu.

**Tab. 1** Zastoupení vybraných mastných kyselin v základní krmné dávce a v řasách *Chlorella* a *Japanochytrium* (v % ze všech zjištěných mastných kyselin)

Mastné kyseliny	Luční porost	Luční seno	Jadrné krmivo	<i>Chlorella</i>	<i>Japanochytrium</i>
C14:0	0,66	0,53	0,26	0,77	5,49
C16:0	18,1	19,0	17,0	16,2	50,0
cis-9-C18:1	5,43	7,97	32,2	16,7	25,7
all-cis-9,12-C18:2	15,0	23,5	42,1	28,3	4,05
all-cis-6,9,12-C18:3	0,26	0,27	0,04	ND	0,36
all-cis-9,12,15-C18:3	49,6	40,6	2,79	33,7	0,27
all-cis-8,11,14-C20:3	ND	ND	ND	ND	0,54
all-cis-5,8,11,14-C20:4	ND	ND	ND	0,14	0,99
all-cis-5,8,11,14,17-C20:5	0,51	0,41	0,10	ND	0,18
all-cis-4,7,10,13,16,19-C22:6	0,19	0,06	ND	ND	0,81
SFA	23,4	23,7	19,8	19,2	65,5
MUFA	11,0	11,3	35,1	18,7	26,9
PUFA	65,6	65,0	45,1	62,1	7,65

ND nedetekováno

SFA nasycené mastné kyseliny

MUFA mononenasycené mastné kyseliny

PUFA polynenasycené mastné kyseliny



**Tab. 2** Vliv přidavku řasy *Japanochytrium* (Borková 2015b) a *Chlorelly* na zastoupení významných mastných kyselin v kozím mléce (v % ze všech zjištěných mastných kyselin).

MK	Skupina	Květen (bez příkrmu)	Červen (49 den příkrmu)	Skupina S	Čas T	S x T
C10:0	J	8,79 ± 1,25 <sup>A</sup>	9,89 ± 1,01	*	***	NS
	K	7,94 ± 1,13 <sup>AB</sup>	9,74 ± 0,59 <sup>b</sup>			
	Ch	7,17 ± 1,55 <sup>AB</sup>	9,44 ± 1,38 <sup>b</sup>			
C12:0	J	3,39 ± 0,47 <sup>A</sup>	3,85 ± 0,32	***	***	NS
	K	3,02 ± 0,41 <sup>AB</sup>	3,63 ± 0,32 <sup>b</sup>			
	Ch	2,72 ± 0,51 <sup>AB</sup>	3,56 ± 0,50 <sup>b</sup>			
C14:0	J	9,73 ± 0,93 <sup>A</sup>	10,28 ± 0,42	**	***	NS
	K	9,14 ± 0,53 <sup>AB</sup>	10,12 ± 0,52 <sup>b</sup>			
	Ch	8,74 ± 0,76 <sup>AB</sup>	9,99 ± 0,44 <sup>b</sup>			
C16:0	J	27,59 ± 2,64 <sup>a</sup>	29,63 ± 1,66 <sup>b</sup>	NS	***	NS
	K	26,69 ± 2,41 <sup>a</sup>	29,47 ± 1,29 <sup>b</sup>			
	Ch	25,52 ± 2,37 <sup>a</sup>	29,47 ± 1,86 <sup>b</sup>			
C18:0	J	10,45 ± 1,61 <sup>AB</sup>	8,36 ± 0,97 <sup>BA</sup>	**	***	NS
	K	11,41 ± 1,82 <sup>AB</sup>	9,80 ± 1,18 <sup>BB</sup>			
	Ch	11,98 ± 1,66 <sup>BB</sup>	9,31 ± 0,88 <sup>BB</sup>			
<i>trans</i> -11-C18:1	J	1,47 ± 0,17 <sup>a</sup>	1,83 ± 0,21 <sup>BA</sup>	***	*	***
	K	1,39 ± 0,29	1,31 ± 0,15 <sup>B</sup>			
	Ch	1,29 ± 0,28	1,22 ± 0,13 <sup>B</sup>			
<i>cis</i> -9-C18:1	J	19,16 ± 1,71 <sup>AB</sup>	15,22 ± 1,18 <sup>BA</sup>	***	***	NS
	K	21,25 ± 2,10 <sup>BB</sup>	17,16 ± 0,84 <sup>BB</sup>			
	Ch	23,46 ± 2,88 <sup>BC</sup>	17,59 ± 1,74 <sup>BB</sup>			
all- <i>cis</i> -9,12-C18:2	J	1,98 ± 0,15 <sup>a</sup>	1,80 ± 0,07 <sup>b</sup>	NS	***	NS
	K	1,93 ± 0,19 <sup>a</sup>	1,67 ± 0,13 <sup>b</sup>			
	Ch	1,96 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,80 ± 0,16 <sup>b</sup>			
all- <i>cis</i> -6,9,12-C18:3	J	0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>BA</sup>	**	NS	***
	C	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00 <sup>B</sup>			
	Ch	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,01 <sup>B</sup>			
all- <i>cis</i> -9,12,15-C18:3	J	1,08 ± 0,13 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,12 <sup>b</sup>	NS	***	NS
	K	1,03 ± 0,12	1,10 ± 0,10			
	Ch	1,08 ± 0,14	1,17 ± 0,12			
CLA	J	0,65 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,80 ± 0,09 <sup>BA</sup>	**	**	**
	K	0,65 ± 0,12	0,65 ± 0,05 <sup>B</sup>			
	Ch	0,60 ± 0,14	0,62 ± 0,09 <sup>B</sup>			
all- <i>cis</i> -8,11,14-C20:3	J	0,02 ± 0,00 <sup>BA</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>BA</sup>	***	***	***
	K	0,02 ± 0,00 <sup>AB</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>B</sup>			
	Ch	0,01 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>B</sup>			
all- <i>cis</i> -5,8,11,14-C20:4	J	0,13 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>b</sup>	NS	***	NS
	K	0,12 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>b</sup>			
	Ch	0,12 ± 0,02	0,11 ± 0,01			
all- <i>cis</i> -5,8,11,14,17-C20:5	J	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,01	NS	NS	NS
	K	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,01			
	Ch	0,09 ± 0,02	0,10 ± 0,02			
all- <i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-C22:6	J	0,08 ± 0,02 <sup>A</sup>	0,09 ± 0,02 <sup>A</sup>	***	*	***
	K	0,07 ± 0,02 <sup>AB</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>B</sup>			
	Ch	0,06 ± 0,02 <sup>B</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>B</sup>			

J mléko koz krmených řasou *Japanochytrium*, Ch řasou *Chlorellou* a K bez příkrmu řasy. Pro lepší porovnání změn v obsahu mastných kyselin způsobených jednotlivými řasami je kontrola uvedena uprostřed. Hodnoty označené odlišnými horními indexy (a, b) jsou v daném řádku statisticky rozdílné ( $P < 0,05$ ); hodnoty označené odlišnými horními indexy (A, B) jsou pro skupiny J, K a Ch v daném měsíci statisticky rozdílné ( $P < 0,05$ ).

Průměr ± směrodatná odchylka (N = 15).

\* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$ ; NS statisticky nevýznamné ( $P > 0,05$ ).

v červnu. Autoři považují za významnější, že v případě *cis*-9-C18:1 došlo v červnu k největšímu poklesu ve skupině Ch o 5,86 %, kdežto ve skupině J a K pouze o 3,93 % resp. 4,09 %.

Větší pokles obsahu *cis*-9-C18:1 a C18:0 u mlék krmených řasou *Chlorellou* je pravděpodobně způsoben inhibičním efektem polynenasycených mastných kyselin řasy na bachorovou redukci *trans*-11-C18:1, která se jednak může projevit sníženým obsahem výše zmíněných mastných kyselin a také zvýšeným obsahem PUFA. Podobný trend v poklesu obsahu C18:0 a *cis*-9-C18:1 a nárůstu PUFA v plazmě a mléce koz krmených rybím a sojovým olejem zaznamenali ve své práci autoři Tsiplakou a Zervas (2013). V případě řasy *Japanochytrium* nejsou změny v obsahu C18:0 a *cis*-9-C18:1 v porovnání s kontrolou, tak významné, což je pravděpodobně dáno složením řasy s menším podílem PUFA.

Obsah polyenových mastných kyselin rostl v červnu statisticky významně pouze ve skupině J (nárůst all-*cis*-6,9,12-C18:3, all-*cis*-9,12,15-C18:3, CLA, all-*cis*-8,11,14-C20:3). Z PUFA byl v červnu zjištěn statisticky významně vyšší obsah CLA, all-*cis*-6,9,12-C18:3, all-*cis*-8,11,14-C20:3 a DHA ve skupině J v porovnání s výsledky pro skupinu K a Ch. Navýšení obsahu all-*cis*-6,9,12-C18:3, all-*cis*-8,11,14-C20:3 a DHA je v souladu s vyšším obsahem těchto mastných kyselin v řase *Japanochytrium*. V případě výše zmiňovaných tří mastných kyselin, je ovšem nutno uvést, že se jednalo o velmi nízké hodnoty. Nárůst obsahu CLA může být důsledkem dvou různých způsobů syntézy. První je částečná biohydrogenace PUFA v bachoru a druhou je desaturace *trans*-11-C18:1 v mléčné žláze aktivitou delta-9 desaturasy (Bouattour a kol., 2008; Chilliard a kol., 2003).

Zastoupení nasycených (SFA), monone-nasycených (MUFA), polynenasycených (PUFA), omega-6 a omega-3 mastných kyselin v jogurtech a čerstvých sýrech vyrobených z mléka všech tří skupin je shrnuto v tabulce 3. Mezi jogurty a sýry vyrobenými z mlék koz krmených řasami a pouze kontrolní dietou nebyly zjištěny významné rozdíly v celkovém obsahu SFA a MUFA. Nejnižší hodnota SFA byla zjištěna pro sýry (73,2 %) a jogurty (72,9 %) vyrobené z mléka koz krmených řasou *Japanochytrium*. Pro jogurty a sýry z mléka koz příkrmovaných řasou *Japanochytrium* byl zjištěn nárůst obsahu PUFA v porovnání s kontrolou (o 7,2 % resp. 7,8 %). Tento nárůst byl způsoben zejména nárůstem obsahu omega-6 (o 3,5 % resp. 4,1 %), CLA a *cis*-, *trans*- isomerů C18:2.

**Tab. 3** Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, omega-6 a omega-3 mastných kyselin v kozím jogurtu a čerstvém sýru vyrobeném z mléka koz krmných 56. den řasou *Japanochytrium* (J) a *Chlorellou* (Ch) a z mléka bez příkrmu (K)

	SUFA	MUFA	PUFA	omega-6	omega-3
<b>Jogurt</b>					
J	72,9 ± 0,1	21,7 ± 0,1	5,35 ± 0,01	2,07 ± 0,01	1,40 ± 0,00
K	73,4 ± 0,1	21,6 ± 0,1	4,99 ± 0,01	2,00 ± 0,00	1,38 ± 0,00
Ch	73,4 ± 0,1	21,7 ± 0,1	4,92 ± 0,02	2,02 ± 0,01	1,39 ± 0,00
<b>Sýr</b>					
J	73,2 ± 0,1	21,4 ± 0,1	5,40 ± 0,02	2,05 ± 0,01	1,42 ± 0,00
K	73,6 ± 0,1	21,4 ± 0,1	5,01 ± 0,01	1,97 ± 0,01	1,39 ± 0,01
Ch	73,8 ± 0,2	21,4 ± 0,1	4,86 ± 0,02	1,99 ± 0,04	1,39 ± 0,01

Průměr ze dvou stanovení (v % ze všech zjištěných mastných kyselin).

## Závěr

Přídavek mořské mikrořasy *Japanochytrium* do krmné dávky koz bílých krátkosrstých statisticky významně zvýšil obsah *trans*-11-C18:1, CLA, *all-cis*-6,9,12-C18:3, *all-cis*-8,11,14-C20:3 a DHA v mléčném kozím tuku. Ve shodě a těmito výsledky byl zjištěn nárůst obsahu PUFA v jogurtu a čerstvém sýru vyrobeném z mléka koz krmných řasou *Japanochytrium* v porovnání s kontrolou. Krmná dávka obohacená zelenou řasou *Chlorella vulgaris* neměla statisticky významný vliv na obsah PUFA v kozím mléce a jeho výrobcích. Bylo zjištěno, že přídavek řas do krmiva koz představuje možnost pro rozvoj nových produktů, obohacených o nutričně významné mastné kyseliny jakými jsou CLA a omega-6 mastné kyseliny. Nezbytnou podmínkou pro rozvoj takových výrobků je ovšem výběr vhodného typu řasy a optimální množství zvoleného přídavku. V našem experimentu se jako perspektivní prokázal přídavek řasy *Japanochytrium*.

## Poděkování

Tato práce vznikla za podpory Ministerstva Zemědělství v rámci projektů NAZV č. QJ1310107 a NAZV č. QI91B306.

## Literatura

- BORKOVÁ M., FANTOVÁ M., SYROVÁTKOVÁ K., MICHNOVÁ K., NOHEJLOVÁ L., ELICH O. (2015a): Změny profilu mastných kyselin v kozím mléce po přídavku řas do krmné dávky, *Mlékařské listy*, 150, s. IV-VIII.
- BORKOVÁ M., MICHNOVÁ K., FANTOVÁ M., ŠULC M., HYŘŠLOVÁ I., NOHEJLOVÁ L., ELICH O. (2015b): The effect of *Japanochytrium* addition to feed on fatty acid profile of goat milk, *Turkish Journal of Veterinary and animal sciences*, v recenzním řízení.
- BOUATTOUR M.A., CASALS R., ALBANELL E., SUCH X., CAJA G. (2008): Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk, *Journal of Dairy Science*, 91, s. 2399-2407.
- BURJA A.M., RADIANTINGTYAS H., WINDUST A., BARROW C.J. (2006): Isolation and characterization of polyunsaturated fatty acid producing *Thraustochytrium* species: screening of strains and optimization of omega-3 production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 72, s. 1161-1169.

ČSN EN ISO 1211 (2011): Mléko - Stanovení obsahu tuku - Vážková metoda (Referenční metoda), Český normalizační institut, Praha.

- CATTANEO D., DELL'ORTO V., VARISCO G., AGAZZI A., SAVOINI G. (2006): Enrichment in n-3 fatty acids of goat's colostrum and milk by maternal fish oil supplementation, *Small Ruminant Research*, 64, s. 22-29.
- DUCKOVÁ V., ČANIGOVÁ M., HOLINCOVÁ I. (2013): The quality evaluation of goat milk and made goat fresh cheeses, *Potravinářstvo*, 7, s. 63-67.
- CHILLIARD Y., FERLAY A., ROUEL J., LAMBERET G. (2003): A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis, *Journal of Dairy Science*, 86, s. 1751-1770.
- CHILLIARD Y., TORALA P.G., SHINGFIELD K.J., ROUEL J., LEROUX C., BERNARD L. (2014): Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat. A short review, *Small Ruminant Research*, 122, s. 31-37.
- JANDAL J.M. (1996): Comparative aspects of goat and sheep milk, *Small Ruminant Research*, 22, s. 177-185.
- JASUJA N.D., JAIN S., JOSHI S.C. (2010): Microbial production of docosahexaenoic acid (Ω3-PUFA) and their role in human health, *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 3, s. 83-87.
- KUBELKOVÁ P., JALČ D., HOMOLKA P., ČERMÁK B. (2013): Effect of dietary supplementation with treated amaranth seeds on fermentation parameters in an artificial rumen, *Czech Journal of Animal Science*, 58, s. 15-166.
- LOOR J.J., HERBEIN J.H. (2003): Dietary canola or soybean oil with two levels of conjugated linoleic acids (CLA) alter profiles of 18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat from dairy cows, *Animal Feed Science and Technology*, 103, s. 63-83.
- MIRI V.H., TYAGI A.K., EBRAHIMI S.H., MOHINI M. (2013): Effect of cumin (Cuminum cyminum) seed extract on milk fatty acid profile and methane emission in lactating goat, *Small Ruminant Research*, 113, s. 66-72.
- OKROUHLÁ M., STUPKA R., ČÍTEK J., ŠPRYSL M., BRZOBOHATÝ L. (2013): Effect of dietary linseed supplementation on the performance, meat quality, and fatty acid profile of pigs, *Czech Journal of Animal Science*, 58, s. 279-288.
- OTLEŠ S., PIRE R. (2001): Fatty acid composition of *Chlorella* and *Spirulina microalgae* species, *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 84, s. 1708-1714.
- PARK Y.W., HAENLEIN G.F.W. (2007): Goat milk, its products and nutrition. Ve: HUI Y.H. (edit.): *Handbook of Food Products Manufacturing* (s. 449-488), Hoboken, NJ, USA; John Wiley & Sons, Inc.
- PETKOV G., GARCIA G. (2007): Which are fatty acids of the green alga *Chlorella*? *Biochemical Systematics and Ecology*, 35, s. 281-285.
- SANZ SAMPELAYO M.R., MARTÍN ALONSO J.J., PÉREZ L., GIL EXTREMERA F., BOZA J. (2004): Dietary supplements for lactating goats by polyunsaturated fatty acid-rich protected fat. Effects after supplement withdrawal, *Journal of Dairy Science*, 87, s. 1796-1802.
- SANZ SAMPELAYO M.R., CHILLIARD Y., SCHMIDELY P.H., BOZA J. (2007): Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk, *Small Ruminant Research*, 68, s. 42-63.
- SCHMIDELY P., MORAND-FEHR P., SAUVANT D. (2005): Influence of extruded soybeans with or without bicarbonate on milk performance and fatty acid composition of goat milk, *Journal of Dairy Science*, 88, s. 757-765.
- TSIPLAKOU E., ZERVAS G. (2013): The effect of fish and soybean oil inclusion in goat diet on their milk and plasma fatty acid profile, *Livestock Science*, 155, s. 236-243.
- VALENTI B., PAGANO R.I., PENNISI P., AVONDO M. (2009): The role of polymorphism at  $\alpha$ s1-casein locus on milk fatty acid composition in Girgentana goat, *Italian Journal of Animal Science*, 8, s. 441-443.

Přijato do tisku: 15. 9. 2015

Lektorováno: 10. 10. 2015