

- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., VYLETĚLOVÁ, M., LANDOVÁ, H., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2008 a): The comparison of relationships between milk indicators in different species of ruminants in the Czech Republic. *Výzk. chovu skotu / Cattle Res.*, 183, 3, s. 35-44.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., VYLETĚLOVÁ, M., LANDOVÁ, H., KOPECKÝ, J., JEDELSKÁ, R. (2008 b): The effect of goat udder health on composition and properties of raw milk. *Folia Veter.*, 52, 3-4, s. 149-154.
- HANUŠ, O., KUČERA, J., YONG, T., CHLÁDEK, G., HOLÁSEK, R., TRÍNÁCTÝ, J., GENČUROVÁ, V., SOJKOVÁ, K. (2011): Effect of sires on wide scale of milk indicators in first calving Czech Fleckvieh cows. *Arch. Tierz.*, 54, 1, s. 36-50.
- HANUŠ, O., VORLÍČEK, Z., SOJKOVÁ, K., ROZSYPAL, R., VYLETĚLOVÁ, M., ROUBAL, P., GENČUROVÁ, V., POZDÍŠEK, J., LANDOVÁ, H. (2008 c): A comparison of selected milk indicators in organic herds with conventional herd as reference. *Folia Veter.*, 52, 3-4, s. 155-159.
- HANUŠ, O., VYLETĚLOVÁ, M., GENČUROVÁ, V., HULOVÁ, I., LANDOVÁ, H. (2008 d): Differences of some indicators of raw milk properties and especially mineral composition between small ruminants as compared to cows in the Czech Republic. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, LVI, 5, s. 51-56.
- HEJTMÁNKOVÁ, A., KUKLÍK, L., TRNKOVÁ, E., DRAGONOVÁ, H. (2006): Iodine concentrations in cow's milk in Central and Northern Bohemia. *Czech J. Anim. Sci.*, 51, 5, s. 189-195.
- JOHNER, S., NIDA, K., JAHREIS, G., REMER, T. (2012): Time trends and seasonal variation of iodine content in German cow's milk – investigations from Northrhine-Westfalia. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.*, 125, 1-2, s. 76-82.
- KLIMEŠOVÁ, M., VORLOVÁ, L., ZACHOVALOVÁ, H., DUFEK, A., KRÍŽOVÁ, L., HODULOVÁ, L., HANUŠ, O., SKŘIVÁNEK, M. (2021): Significant sources of iodine content variability in ruminant milk in the Czech Republic. V oponentní proceduře.
- KONEČNÝ, R., KRÍŽOVÁ, Z., HLADKÝ, J., KAUTSKÁ, J., HASOŇOVÁ, L., SAMKOVÁ, E., LIBALOVÁ, K., TRÁVNÍČEK, J. (2019): Iodine content development in raw cow's milk in three regions of the Czech Republic between the years 2008 and 2018. *Acta Vet. Brno*, 88, 3, s. 265-270.
- KURSA, J., HERZIG, I., TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V. (2005): Milk as a food source of iodine for human consumption in the Czech Republic. *Acta Vet. Brno*, 74, s. 255-264.
- LAZARUS, J. (2014): Iodine Status in Europe in 2014. *Eur. Thyroid. J.*, 3, 1, s. 3-6.
- PAULÍKOVÁ, I., SEIDEL, H., NAGY, O., KOVÁČ, G. (2008): Milk Iodine Content in Slovakia. *Acta Vet. Brno*, 77, s. 533-538.
- REIJDEN, VAN DER O. L., GALETTI, V., HERTER-AEBERLI, I., ZIMMERMANN, M. B., ZEDER, C., KRZYSZEK, A., HALDIMANN, M., BARMAN, A., KREUZER, M., BERARD, J., SCHLEGEL, P. (2019): Effects of feed iodine concentrations and milk processing on iodine concentrations of cows' milk and dairy products, and potential impact on iodine intake in Swiss adults. *Br. J. Nutr.*, 28, 122, 2, s. 172-185.
- REPASKÁ, Z. (2017): Důležitost jodu pro lidský organismus. <https://www.iodicanatural.cz/jod-a-zdravi/dulezitest-jodu-pro-lidsky-organismus/>
- ROSELAND, J. M., PHILLIPS, K. M., PATTERSON, K. Y., PEHRSSON, P. R., BAHADUR, R., ERSHOW, A. G., SOMANCHI, M. (2020): Large Variability of Iodine Content in Retail Cow's Milk in the U.S. *Nutrients*, 12, 1246; doi:10.3390/nu12051246.
- TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., KONEČNÝ, R., STAŇKOVÁ, M., ŠTASTNÁ, J., HASOŇOVÁ, L., MIKULOVÁ, M. (2010): Iodine status in ewes with the intake of iodine enriched alga *Chlorella*. *Czech J. Anim. Sci.*, 55, 2, s. 58-65.
- TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., ŠOCH, M. (2004): Iodine content in bulk feeds in western and southern Bohemia. *Czech J. Anim. Sci.*, 49, 11, s. 483-488.
- TRÁVNÍČEK, J., KURSA, J. (2001): Iodine concentration in milk of sheep and goats from farms in South Bohemia. *Acta Vet. Brno*, 70, 1, s. 35-42.
- VERMIGLIO, F., LO PRESTI, V. P., MOLETTI, M., SIDOTI, M., TORTORELLA, G., SCAFFIDI, M. G., CASTAGNA, M. G., MATTINA, F., VIOLI, M. A., CRISA, A., ARTEMISIA, A., TRIMARCHI, F. (2004): Attention deficit and hyperactivity disorders in the offspring of mothers exposed to mild-moderate iodine deficiency: a possible novel iodine deficiency disorder in developed countries. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 89, 12, s. 6054-6060.
- VORLOVÁ, L., HODULOVÁ, L., BORKOVCOVÁ, I., PŘIDALOVÁ, H., KOSTRHOVÁ, R., KLIMEŠOVÁ-VYLETĚLOVÁ, M., ŠUSTOVÁ, K. (2014): Iodine content in bulk tank milk samples in relation to dairy farm size. *Acta Vet. Brno*, 83, 10, s. 9-13.
- WALTHER, B., WECHSLER, D., SCHLEGEL, P., HALDIMANN, M. (2018): Iodine in Swiss milk depending on production (conventional versus organic) and on processing (raw versus UHT) and the contribution of milk to the human iodine supply. *J. Trace Elem. Med. Bio.*, 46, s. 138-143.
- ZIMMERMANN, M. B. (2009): Iodine deficiency in pregnancy and the effects of maternal iodine supplementation on the offspring: a review. *Am. J. Clin. Nutr.*, 89, 2, s. 668-672.

Korespondující autor: prof. Ing. Oto Hanuš, Ph.D.,
Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,
160 00 Praha 6, e-mail: hanus.oto@seznam.cz

Přijato do tisku: 13. 6. 2021

Lektorováno: 16. 7. 2021

VLIV POLYMORFISMU GENŮ AGPAT6 A LEP NA ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN MLÉČNÉHO TUKU U ČESKÉHO STRAKATÉHO SKOTU

Eva Samková¹, Karolína Hállová¹, Lucie Hasoňová¹,
Jindřich Čítek¹, Libor Večerek¹, Michael Rost¹,
Jiří Špička¹, Oto Hanuš²

¹ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Zemědělská fakulta

² Výzkumný ústav mlékárenský, s.r.o.

The effect of polymorphism of *AGPAT6* and *LEP* genes on fatty acid composition in milk fat of Czech Fleckvieh cows

Abstrakt

Práce měla za cíl stanovit genotypy polymorfních variant některých kandidátních lokusů v genech *AGPAT6* a *LEP* a vyhodnotit vliv těchto polymorfních variant na mléčnou užitkovost a na zastoupení mastných kyselin mléčného tuku. Genotypové a alelové frekvence *AGPAT6* a *LEP* byly zjišťovány u dojníc plemene český strakatý skot a jeho kříženek. Byla použita metoda genotypizace pomocí PCR/RFLP. Výsledky ukázaly, že v populaci převažoval genotyp *CT* (*AGPAT6*) a *MM* (*LEP*). Vliv polymorfismů *AGPAT6* a *LEP* na ukazatele mléčné užitkovosti za 1. laktaci se neprokázal. Byl prokázán vliv genotypu *AGPAT6* na zastoupení některých mastných kyselin s krátkým uhlíkovým řetězcem. Vliv genotypu *LEP* na zastoupení mastných kyselin prokázán nebyl. Výsledky této práce přispívají k rozšíření znalostí o genetickém polymorfismu.

Klíčová slova: dojnice, mléčný tuk, mastné kyseliny, polymorfismus, kandidátní lokusy, *AGPAT6*, *LEP*

Abstract

The aim was to determine the genotypes of polymorphic variants of some candidate loci in the *AGPAT6* and *LEP* genes and to evaluate the influence of these polymorphic variants on milk yield and milk fatty acid proportions. Genotypic and allele frequencies of *AGPAT6* and *LEP* were determined in cows of the Czech Fleckvieh breed and its crossbreeds. The PCR/RFLP genotyping method was used. The results showed that the *CT* (*AGPAT6*) and *MM* (*LEP*) genotypes predominated in the population. The influence of *AGPAT6* and *LEP* polymorphisms on milk yield parameters for the first lactation was not proved. The influence of the *AGPAT6* genotype on the proportion of some short-chain fatty acids was found. The effect of the *LEP* genotype on fatty acid proportions was not proved. The results of this work contribute to the increase in knowledge about genetic polymorphism.

Keywords: cows, milk fat, fatty acids, polymorphism, candidate loci, *AGPAT6*, *LEP*

Úvod

Mléčný tuk je důležitou složkou mléka skládající se především z triacylglycerolů (TAG), tj. esterů glycerolu a mastných kyselin (MK). Zastoupení jednotlivých MK i jejich vzájemný poměr do značné míry ovlivňují nutriční a technologické vlastnosti mléčného tuku. Mléčný tuk je z větší části tvořen nasycenými MK (SFA), zejména kyselinami laurovou, myristovou a palmitovou, které jsou rizikovým faktorem kardiovaskulárních onemocnění. Tento nepříznivý vliv na zdraví člověka je připisován také *trans* nenasyceným MK (Haug *et al.*, 2007; German *et al.*, 2009). Z výše uvedených důvodů by bylo vhodné snížit v mléčném tuku zastoupení SFA a zvýšit poměr nenasycených MK v *cis* konfiguraci (Dhiman *et al.*, 2005).

Zastoupení MK v mléce je ovlivněno mnoha faktory, z nichž k nejvýznamnějším patří výživa. Ve výčtu faktorů však nelze opomenout ani genetické vlivy. Polymorfismus kandidátních genů může mít velmi významný vliv na vlastnosti mléčného tuku (Li *et al.*, 2015). Méně známými kandidátními geny, které ovlivňují složení mléčného tuku skotu, jsou *AGPAT6* a *LEP*. Tyto geny kódují enzymy 1-acylglycerol-3-fosfát O-acyltransferázu 6 a leptin.

Enzym *AGPAT6* zvyšuje obsah TAG v mléce. Gen *AGPAT6* lze považovat za kandidátní gen pro regulaci syntézy glycerolipidů, produkce tuku a celkového složení mléka (He *et al.*, 2011). Zvýšením genové exprese genu *AGPAT6* dojde k odpovídajícímu zvýšení množství enzymu *AGPAT6*, což má za následek zvýšení TAG v mléce (Littlejohn *et al.*, 2014).

Leptin má v organismu za úkol regulovat obsah tuku. Gen kódující *LEP* je potenciální kandidátní gen pro regulaci poměru tukové tkáně a libové svaloviny u skotu.

Genotyp *LEP* může mít také vliv na zastoupení monoeno-ových nenasycených MK, a dále kyselin myristoolejové, stearové a olejové (Orrù *et al.*, 2011).

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv vybraných polymorfních variant v genech *AGPAT6* a *LEP* na mléčnou užitkovost a na zastoupení MK mléčného tuku českého strakatého skotu.

Materiál a metody

Do analýzy byly zapojeny dojnice plemene český strakatý skot (C100) a jejich kříženky s minimálně 50% podílem českého strakatého skotu (C50X) ze čtyř chovů. Genotypizace polymorfismu *AGPAT6* byla provedena u 391 dojnic, poměr C100 a C50X činil 64:36. Genotypizace polymorfismu *LEP* byla provedena u 336 dojnic v poměru 65:35. Pro tyto soubory byly vypočítány genotypové a alelové četnosti a z databáze plemenic společnosti Plemdat s.r.o. zjištěny údaje o mléčné užitkovosti dojnic na první laktaci (Svobodová, 2021).

V rámci kontroly užitkovosti byly od každé dojnice odebrány vzorky mléka pro analýzu DNA (přímo z mléčné žlázy) a pro analýzu kvality mléka a zastoupení MK. Počet sledovaných dojnic byl v tomto případě 253 (*AGPAT6*), resp. 205 (*LEP*) – Tabulka 1.

Tab. 1 Charakteristika souboru genotypizovaných dojnic

	<i>AGPAT6</i> (n = 253)		<i>LEP</i> (n = 205)	
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Pořadí aktuální laktace	1,19	0,59	1,21	0,63
Laktační den	184	105	170	92
Mléčná užitkovost v den kontroly				
Dojivost (kg)	21,2	5,8	22,3	5,2
Tuk (%)	4,38	0,79	4,37	0,72
Bílkoviny (%)	3,69	0,30	3,67	0,29
Laktóza (%)	5,15	0,18	5,15	0,19

Ze vzorků mléka byla izolována DNA za použití automatického analyzátoru a komerčního kitu od firmy MagCore®. Pomocí spektrometru byla změřena kvalita a množství izolované DNA. Polymorfismus v genu *LEP* (alely *M* a *W*) byl genotypizován metodou PCR/RFLP dle Buchanan *et al.* (2002), polymorfismus v genu *AGPAT6* (alely *C* a *T*) pomocí fragmentové analýzy podle Littlejohn *et al.* (2014).

Pro analýzu základního složení mléka byla zvolena metoda infračervené spektroskopie ve středové oblasti s využitím zařízení CombiFoss FT+ (Foss Analytical A/S). MK byly analyzovány plynovou chromatografií. Kvantifikace zastoupení MK v mléčném tuku byla určena z poměru ploch píků jednotlivých methylesterů MK k celkové ploše jejich píků. Identifikace jednotlivých methylesterů MK byla provedena pomocí kvalitativních standardů firmy Supelco (USA) a hmotnostního detektoru 4000 MS firmy Varian (Samková *et al.*, 2020).

Pro statistické vyhodnocení byl použit program Statistica 12 (StatSoft CR s.r.o.). U souboru byly vyhodno-

ceny předpoklady pro užití parametrických metod (normalita dat a homogenita rozptylů). Pro analýzu nezávislé proměnné (polymorfismus příslušného genu) byla použita jednofaktorová analýza rozptylu. K následnému porovnání ve skupinách byl použit Fisherův *LSD* test.

Výsledky a diskuse

Při pozorování genotypových četností genu *AGPAT6* v závislosti na populaci (C100, C50X) nebyly zjištěny

statisticky významné rozdíly. Pro celkovou populaci byla stanovena genotypová frekvence 0,226 pro genotyp *CC*, 0,741 pro *CT* a 0,033 pro genotyp *TT*. Alelová frekvence činila 0,596 pro alelu *C* a 0,404 pro alelu *T*.

Byl sledován vliv polymorfismu *AGPAT6* na mléčnou užitkovost dojníc na 1. laktaci. U dojníc genotypu *TT* byla zjištěna vyšší dojivost (7 027 kg), vyšší produkce mléčného tuku (290 kg) a bílkovin (257 kg) – Tabulka 2. Mezi jednotlivými genotypy nebyly ve sledovaných parametrech zjištěny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$).

K podobným výsledkům dospěli rovněž *Upadhyay et al. (2019)* u dojníc plemene *Karan Fries*.

Asociační analýza prokázala u genotypu *TT* vyšší ($p < 0,01$) zastoupení MK s krátkým uhlíkovým řetězcem (SCFA), což ovlivnily rozdíly u odpovídajících MK – máselné (C4:0), kapronové (C6:0) a kaprylové (C8:0). U genotypu *CC* bylo zjištěno vyšší zastoupení nenasycených MK (UFA; 29,38 %) v porovnání s genotypy *CT* a *TT* (29,22 % a 28,21 %), rozdíly však nebyly statisticky významné. Opačný trend pozorovali *Littlejohn et al. (2014)*, kteří uvádí 30,14 % pro genotyp *TT*, 29,70 % pro genotyp *CT* a 29,26 % pro genotyp *CC*. Rozdíly byly statisticky významné ($p < 0,001$).

Zjištěné nižší hodnoty UFA u všech genotypů lze přičíst skutečnosti, že v žádném ze sledovaných chovů nebyly dojnice pasené ani přikrmované čerstvou pící, což zastoupení UFA výrazně ovlivňuje (*Frelich et al., 2009; Littlejohn et al., 2014; Hanuš et al., 2018; Avondo et al., 2019*).

V zastoupení SFA nebyly mezi genotypy (69,67 % u *TT*, 68,50 % u *CT* a 68,41 % u *CC*) zjištěny statisticky významné rozdíly, oproti studii *Littlejohn et al. (2014)* uvádějící statisticky významné ($p < 0,001$) rozdíly (69,86 % u *TT*, 70,30 % u *CT* a 70,74 % u *CC*).

Zastoupení polynenasycených MK (PUFA) bylo u genotypů *CC*, *CT*, *TT* následující: 3,13 %, 3,11 %, 3,09 %. *Littlejohn et al. (2014)* zjistili zastoupení PUFA 4,13 % u genotypu *CC*, 4,20 % u genotypu *CT* a 4,27 % u genotypu *TT*. Uvedené rozdíly byly statisticky významné ($p < 0,01$), a na rozdíl od výsledků této práce potvrdily vliv genotypu na zastoupení PUFA.

U genotypových četností genu *LEP* v závislosti na populaci (C100, C50X) nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Z celkové sledované populace

Tab. 2 Vliv polymorfismu genu *AGPAT6* a *LEP* na mléčnou užitkovost a zastoupení vybraných mastných kyselin (MK) a jejich skupin v mléčném tuku dojníc českého strakatého skotu a jejich kříženek

AGPAT6	CC		CT		TT		p
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Užitkovost za 1. laktaci	n = 87		n = 267		n = 12		
Dojivost (kg)	6 872	1 066	6 828	1 104	7 027	1 333	0,8008
Produkce tuku (kg)	285	50	282	44	290	62	0,7400
Produkce bílkovin (kg)	246	38	245	39	257	48	0,5827
Užitkovost v den odběru	n = 55		n = 194		n = 8		
Dojivost (kg)	22,6	5,6	20,8	5,9	21,5	5,3	0,1217
Tuk (%)	4,38	0,77	4,36	0,80	4,86	0,53	0,2568
Bílkoviny (%)	3,59 ^a	0,37	3,71 ^b	0,27	3,77 ^{ab}	0,25	0,0230
Laktóza (%)	5,18	0,17	5,14	0,19	5,15	0,15	0,3055
MK v den odběru (%)	n = 53		n = 189		n = 8		
C4:0	2,16 ^b	0,58	1,89 ^a	0,49	2,54 ^c	0,56	<0,001
C6:0	1,88 ^b	0,35	1,75 ^a	0,30	2,13 ^c	0,39	<0,001
C8:0	1,36 ^a	0,25	1,30 ^a	0,21	1,56 ^b	0,26	0,0026
SFA	68,41	4,23	68,50	3,48	69,67	4,17	0,6581
MUFA	23,75	3,72	23,50	3,09	22,31	3,04	0,4969
PUFA	3,09	0,39	3,11	0,38	3,13	0,35	0,9352
UFA	29,38	4,17	29,22	3,43	28,21	3,98	0,6979
SCFA	13,50 ^a	2,45	13,10 ^a	2,01	15,53 ^b	2,44	0,0047
MCFA	51,04	4,02	51,50	3,29	51,66	3,31	0,6766
LCFA	35,46	5,50	35,40	4,27	32,81	5,42	0,2881
LEP	MM		MW		WW		p
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	
Užitkovost za 1. laktaci	n = 240		n = 68		n = 12		
Dojivost (kg)	6 837	1 139	6 864	955	6 654	841	0,8270
Produkce tuku (kg)	283	47	283	43	271	33	0,6685
Produkce bílkovin (kg)	244	40	245	33	239	38	0,8785
Užitkovost v den odběru	n = 145		n = 43		n = 8		
Dojivost (kg)	22,4	5,2	22,0	5,3	22,1	4,0	0,8971
Tuk (%)	4,38	0,68	4,39	0,83	4,01	0,65	0,3561
Bílkoviny (%)	3,65	0,28	3,72	0,30	3,63	0,34	0,3372
Laktóza (%)	5,16	0,19	5,13	0,19	5,16	0,18	0,7637
MK v den odběru (%)	n = 151		n = 43		n = 7		
SFA	68,75	3,69	69,05	3,42	67,16	3,64	0,4441
MUFA	23,29	3,17	23,06	2,92	24,50	3,63	0,5293
PUFA	3,13	0,40	3,08	0,35	3,25	0,30	0,4938
UFA	29,02	3,63	28,69	3,35	30,50	3,67	0,4612
SCFA	13,42	2,14	13,69	2,43	13,17	2,62	0,7342
MCFA	51,44	3,49	51,57	3,34	48,88	2,48	0,1450
LCFA	35,14	4,76	34,74	4,56	37,96	4,62	0,2485

^{a,b,c} průměry s odlišnými indexy v řádce se statisticky významně liší; p = hladina významnosti; SFA = nasycené MK; MUFA = mononenasycené MK v *cis* konfiguraci; PUFA = polynenasycené MK; UFA = nenasycené MK; SCFA = MK s krátkým uhlíkovým řetězcem; MCFA = MK se středním uhlíkovým řetězcem; LCFA = MK s dlouhým uhlíkovým řetězcem.

dojnic představovala genotypová frekvence 0,747 pro genotyp *MM*, 0,214 pro genotyp *MW* a 0,039 pro genotyp *WW*. Alelová frekvence pro alelu *M* činila 0,854 a pro alelu *W* 0,146.

Při hodnocení ukazatelů mléčné užitkovosti za 1. laktaci nebyly mezi polymorfismem genu *LEP* potvrzeny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$). Např. v dojivosti byly zjištěny velmi podobné hodnoty pro genotypy *MM* (6 837 kg) a *MW* (6 864 kg) a o něco nižší byla dojivost pro genotyp *WW* (6 654 kg) – Tabulka 2. Kala et al. (2017) rovněž analyzovali dojivost u dojnic českého strakatého a holštýnského plemene a kříženek, přičemž jako příznivější označili genotyp *MM* s nádojem 7 989 kg. Nejnižší dojivost byla shodně s naší studií pozorována u genotypu *WW*. Kulig et al. (2009) zjistili u dojnic plemene Jersey nejvyšší dojivost za laktaci (4 587 kg) u genotypu *MW*.

Asociační analýza neprokázala statisticky významný vliv polymorfismu genu *LEP* na zastoupení MK. Z nutričního hlediska se však jako příznivější jeví genotyp *WW*, protože má nižší zastoupení SFA (67,16 %) oproti UFA (30,50 %), resp. PUFA (3,25 %). Podobně Pegolo et al. (2016) nezjistili statisticky významné rozdíly mezi genotypy *LEP* v zastoupení SFA, MUFA a PUFA.

Závěr

Studie potvrzuje statisticky významný vliv polymorfismu genu *AGPAT6* na některé parametry složení mléka a na ukazatele kvality mléčného tuku. Vliv polymorfismu *LEP* na parametry mléčné užitkovosti a na zastoupení mastných kyselin nebo jejich skupin se neprokázal. U polymorfismu genu *AGPAT6* je z nutričního hlediska lepší genotyp *CC* a u polymorfismu genu *LEP* genotyp *WW*. Získané výsledky sledovaných genů *AGPAT6* a *LEP* přispívají k prohloubení znalostí o genetickém polymorfismu ve vztahu k mléčné užitkovosti a ke složení mléka a mléčného tuku.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR (NAZV KUS QJ1510336) a Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (GAJU 028/2019/Z). Autoři rovněž děkují Ing. Martině Svobodové za pečlivé zpracování podkladů pro tuto práci.

Seznam literatury

AVONDO M., DI TRANA A., VALENTI B., CRISCIONE A., BORDONARO S., DE ANGELIS A., GIORGIO D., DI GREGORIO P. (2019): Leptin gene polymorphism in goats fed with diet at different energy level: effects on feed intake, milk fatty acids composition, and metabolic state. *Animals*, 9, 424.

BUCHANAN F.C., FITZSIMMONS C.J., VAN KESSEL A.G., THUE T.D., WINKELMAN-SIM D.C., SCHMUTZ S.M. (2002): Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genetics Selection Evolution*, 34, 105–116.

DHIMAN T.R., NAM S.H., URE A.L. (2005): Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 463–482.

FRELICH J., ŠLACHTA M., HANUŠ O., ŠPIČKA J., SAMKOVÁ E. (2009): Fatty acid composition of cow milk fat produced on low-input mountain farms. *Czech Journal of Animal Science*, 54, 532–539.

GERMAN J.B., GIBSON R.A., KRAUSS R.M., NESTEL P., LAMARCHE B., VAN STAVEREN W.A., STEIJNS J.M., DE GROOT L., LOCK A.L., DESTAILLATS F. (2009): A reappraisal of the impact of dairy foods and milk fat on cardiovascular disease risk. *European Journal of Nutrition*, 48, 191–203.

HANUŠ O., SAMKOVÁ E., KŘÍŽOVÁ L., HASOŇOVÁ L., KALA R. (2018): Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability – A review. *Molecules*, 23, 1636.

HAUG A., HØSTMARK A., HARSTAD O.M. (2007): Bovine milk in human nutrition – A review. *Lipids in Health and Disease*, 6, 25.

HE C., WANG C., CHANG Z.H., GUO B.L., LI R., YUE X.P., LAN X., CHEN H., LEI C.Z. (2011): *AGPAT6* polymorphism and its association with milk traits of dairy goats. *Genetics and Molecular Research*, 10, 2747–2756.

KALA R., SAMKOVÁ E., ČÍTEK J., HASOŇOVÁ L., HANUSOVÁ L., TOTHOVÁ L. (2017): Association of selected genes with milk fat in two breeds of cattle. *MendelNet*, 8–9, 696–701.

KULIG H., KMIEC M., KOWALEWSKA-LUCZAK I. (2009): Effect of leptin gene polymorphisms on milk production traits of Jersey cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 33, 143–146.

LI X., BUITENHUIS A.J., LUND M.S., LI C., SUN D., ZHANG Q., POULSEN N.A., SU G. (2015): Joint genome-wide association study for milk fatty acid traits in Chinese and Danish Holstein populations. *Journal of Dairy Science*, 98, 8152–8163.

LITTLEJOHN M.D., TIPLADY K., LOPDELL T., LAW T.A., SCOTT A., HARLAND CH., SHERLOCK R., HENTY K., OBOLONKIN V., LEHNERT K., MACGIBBON A., SPELMAN R.J., DAVIS S.R., SNELL R.G. (2014): Expression variants of the lipogenic *AGPAT6* gene affect diverse milk composition phenotypes in *Bos taurus*. *PLOS ONE*, 9, e85757.

ORRÙ L., CIFUNI G.F., PIASENTIER E., CORAZZIN M., BOVOLENTA S., MOIOLI B. (2011): Association analyses of single nucleotide polymorphisms in the *LEP* and *SCD1* genes on the fatty acid profile of muscle fat in Simmental bulls. *Meat Science*, 87, 344–348.

PEGOLO S., CECCHINATO A., MELE M., CONTE G., SCHIAVON S., BITTANTE G. (2016): Effects of candidate gene polymorphisms on the detailed fatty acids profile determined by gas chromatography in bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 99, 4558–4573.

SAMKOVÁ E., ŠPIČKA J., HANUŠ O., ROUBAL P., PECOVÁ L., HASOŇOVÁ L., SMETANA P., KLIMEŠOVÁ M., ČÍTEK J. (2020): Comparison of fatty acid proportions determined by mid-infrared spectroscopy and gas chromatography in bulk and individual milk samples. *Animals*, 10, 1095.

SVOBODOVÁ M. (2021): *Vliv polymorfismu vybraných enzymů na zastoupení mastných kyselin mléčného tuku skotu*. [Diplomová práce]. České Budějovice: JU ZF 76 s.

UPADHYAY A., CHAKRAVARTY A.K., DE S., GUPTA A.K., SINGH A., SELVAN A.S. (2019): Detection of single-nucleotide polymorphism in *AGPAT6* gene associated with milk fat content, using tetra-primer ARMS PCR-based assay, in Karan Fries breeding bulls. *Iranian Journal of Biotechnology*, 17, 78–82.

Korespondující autor: doc. Ing. Eva Samková, Ph.D., Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 809, 370 05 České Budějovice, e-mail: samkova@zf.jcu.cz

Přijato do tisku: 25. 6. 2021

Lektorováno: 28. 7. 2021