

JOD V MLÉCE A JEHO VARIABILITA

Oto Hanuš, Radoslava Jedelská, Jaroslav Kopecký

Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha,
pracoviště Šumperk

Iodine in milk and its variability

Abstrakt

Stále častěji je dietology mléko zmiňováno jako důležitý nutriční zdroj jodu. V humánní populaci v ČR je rovněž aktuálně zdůrazňována deficienze jodu. Jako u většiny mikroprvků, nadbytek ovšem rovněž není fyziologicky pozitivní a u jodu může vést u živočichů k hyperfunkci štítné žlázy. Byla zjištěna koncentrace jodu v solance zbytků pramoří v ČR $75 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$, mnohonásobek koncentrace jodu v dnešní mořské vodě. Tento zdroj je používán po ředění pro nutriční účely. Byly zjištěny významné rozdíly v koncentraci jodu mezi druhy mléka: $462,8 \pm 103,9$ a $434,9 \pm 142,8$ krávy ($P > 0,05$); ($P \leq 0,05$ až $0,001$) $164,2 \pm 52,2$ ovce; $126,0 \pm 47,0 \text{ } \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$ kozy. V kravském mléce byla vyšší koncentrace jodu ($P \leq 0,001$) v konvenčních chovech ($462,8 \pm 103,9$) oproti ekologickým ($174,3 \pm 116,3 \text{ } \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$). Byly zaznamenány vlivy genetické na jodový metabolismus, kde vliv otců na jod v kravském mléce byl významný ($P = 0,0002$). Mléko, jako přirozený, biologicky vyvážený, potravinový zdroj jodu se jeví v našich podmínkách jako doplnění humánní stravy vhodnější než pouze jodizovaná sůl.

Klíčová slova: druh hospodářského savce, plemeno, konvenční a ekologické zemědělství, jod, mléko

Abstract

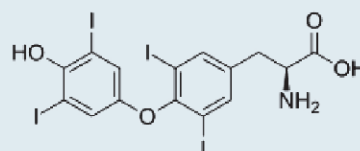
Increasingly, milk is mentioned by dietitians as an important nutritional source of iodine. Iodine deficiency is also currently emphasized in the CR human population. However, as with most microelements, the excess is also not physiologically positive and in iodine can lead to thyroid hyperfunction in animals. The concentration of iodine in the brine of old marine residues in

the Czech Republic was found to be $75 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$, many times the concentration of iodine in today seawater. This source is used after dilution for nutritional purposes. Significant differences in iodine concentration were found among milk species: 462.8 ± 103.9 and 434.9 ± 142.8 cows ($P > 0.05$); ($P \leq 0.05$ to 0.001) 164.2 ± 52.2 sheep; $126.0 \pm 47.0 \text{ } \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$ goats. In cow milk there was a higher iodine concentration ($P \leq 0.001$) in conventional farms (462.8 ± 103.9) as compared to organic ones ($174.3 \pm 116.3 \text{ } \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$). Genetic effects on iodine metabolism were recorded, where the effect of sires on iodine in cow milk was significant ($P = 0.0002$). Milk, as a natural, biologically balanced, food source of iodine, seems to be more suitable in our conditions as a supplement to a human diet than just iodized salt.

Keywords: species of farm mammal, breed, conventional and organic farming, iodine, milk

Úvod

Stále častěji je dietology mléko zmiňováno jako důležitý nutriční zdroj jodu (van der Reijden et al., 2019). V humánní populaci je rovněž aktuálně zdůrazňována deficienze jodu. Jod (I) je v přírodě velmi zajímavý, vysoce reaktivní, biogenní prvek neboli mikroelement. Jako na jednom z prvních mikroprvků byly zaznamenány a popsány jeho výrazné biologické, resp. fyziologicko-metabolické funkce u rostlin a živočichů. Především je součástí thyreoidních hormonů štítné žlázy (Walther et al., 2018; Obr. 1). Legendární poznatek ze školních lavic o výrazném urychlení metamorfózy pulců po aplikaci krmení tkání štítné žlázy (thyroxin) snad netřeba ani opakovat. Jako u většiny mikroprvků, nadbytek ovšem rovněž není fyziologicky pozitivní a u I může vést u živočichů k hyperfunkci štítné žlázy až Basedowově



Obr. 1 Strukturální vzorec hormonu štítné žlázy – L thyroxinu (zdroj Wikipedie)

nemoci (vyšší spotřeba jídla, intolerance tepla, pocení, hubnutí, tachykardie, osteoporóza).

Přesto, uvádí se (UNICEF), že 52 % lidské populace v EU (jinde 30 %, Zimmermann, 2009 a Lazarus, 2014, a 30 % v Německu, Johner et al., 2012) má nedostatek jodu, což se logicky projevuje na zhoršení účinnosti metabolismu a následně v únavě, nesoustředěnosti, zpomalení reflexů, tloustnutí, nemocnosti a oslabení imunity, zhoršení kvality kůže, vlasů, nehtů a reprodukčních funkcí, včetně nárůstu nádorových onemocnění mléčné žlázy nebo také žaludku, prostaty, vaječnicků a dělohy (Repaská, 2017). Je logické, že příčinou je zhusta narušení tvorby thyreoidních hormonů v důsledku nedostatečného příjmu I výživou. Jedná se o závažný endokrinologický problém. Horší průběh deficiencie I bývá zmiňován u žen, zejména v těhotenství. Pokud postihne deficiencie I vývojovou periodu dítěte, je výsledkem právě porucha růstu, snížení inteligence (Vermiglio et al., 2004) až kretenismus. Při zvětšení štítné žlázy, strumy, což může být další projev nedostatku I ve stravě je zvýšené riziko úmrtí na ischemickou chorobu srdce.

Na druhou stranu, jako halogenní prvek ^{127}I , schopný sublimace, je pro své známé baktericidní vlastnosti důležitou součástí četných komerčních dezinfekčních prostředků zejména ve zdravotnictví a potravinářství (jako jodová tinktura (alkoholový roztok I), Lugolův roztok (nealkoholický roztok I), Jodonal atp.).

Nutriční zdroje jodu

V přírodě, životním prostředí, je jod distribuován značně nerovnoměrně. Významnými zdroji jodu jsou vedle mořské vody obecně takové potraviny jako mořské řasy a chaluhy, mořské produkty (ryby, garnáti, mlži a hlavonožci) nebo rostliny pěstované na půdě bohaté na jod a jodizovaná kuchyňská sůl. Dále jsou možným zdrojem vejce, především žloutek. Z rostlin jde především o možnosti jako višně a třesně i švestky (zejména sušené), brokolice, pórek, hrách, mrkev a žampiony, nicméně, obsah I zde závisí vždy na živné půdě a časem jsou obecně zmiňovány úbytky I v těchto zdrojích s rostoucím objemem produkce, zejména v komerční rostlinné výrobě. Doporučené denní dávky I v oblasti humánní výživy se pohybují od 150 do 300 μg na den od dospělého věku, přes těhotenství až po ženy v laktaci. Vhodné jsou také komerční doplňky přírodního jodu, např. v nápojích. Příjem japonské populace ohledně jodu je 25 krát vyšší než např. v USA, bez projevů nějakého výraznějšího předávkování.

Zdroje jodu v ČR

Česká republika je významně vzdálena od moře, proto, a z dalších důvodů, patří do oblasti deficitní jodem. Moře je nakonec prostředím, kde je tento vzácný prvek v roztoku nejvíce rozšířen. Čistá forma I je v přírodě v podstatě nedostupná. Tento nedostatek I je

řešen v humánní výživě od dvacátého století známým jodizováním soli kuchyňské. Přesto významné přírodní zdroje jodu v ČR existují, jsou však značně nedostupné a nehomogenně rozložené.

Nacházejí se především v podzemních jezerech jodové solanky ve velké hloubce až 800 m, je tedy technicky obtížné je odtud získávat. Jedná se o silný koncentrát, se set násobně vyšším obsahem I v porovnání k běžné mořské vodě) ve zbytcích druho- až třetihorních moří (staré více než 35 milionů let). Zjistili jsme obsah jodu této solanky 75 $\text{mg}\times\text{l}^{-1}$ oproti mořské vodě, kde může být cca 0,05 – 1 $\text{mg}\times\text{l}^{-1}$. Tyto zásoby jsou, jak známo, lokalizovány na Severní Moravě a ve Slezsku, v oblasti Ostravy a Karviné. Obdrželi jsme již dříve od firmy zabývající se těžbou jodové solanky (IODICA) tento původně třetihorní koncentrát. Doslova mrtvá voda, mění se ovšem v živou příslušným ředěním před konzumací. Je škoda, že zamýšlený projekt testace účinku této jodové solanky v mlékařství se z objektivních důvodů zatím nerealizoval. Spolu se solankou jsme poznali příběhy z této těžby, kdy je škoda, že nebyly zatím, pokud víme, sepsány. Materiál by vydal, jak se domníváme, na úspěšný humoristický román. Zamýšleno bylo, tímto biologickým způsobem, třeba také zlepšení zásobení jodem a podpora růstu rakytiniku řešetlákového v Číně, kde tento tvoří svým kořenovým systémem a nadzemním porostem ve vysazených pásech bariéru šíření pouště Gobi na jih, do lidských sídel. Tedy účelová a efektivní podpora ekologických projektů. Každopádně firma produkuje ředěním jodové solanky (spolu s dalšími minerály jako vápník, hořčík atd.) do čisté vody známé minerální iontové nápoje v humánní výživě pro sportovce a rekonvalescenty, využívající známých biologických efektů jodu na zdraví člověka.

Známé svou jodobromovou vodou jsou ovšem také například lázně Darkov, tamtéž. Desítky let jsou zde pravidelně zásobovány bazény jodovou vodou k léčbě aparátu pohybového ústrojí, sleduje se spotřeba minerální vody ke koupelím i konzumaci. Byl zde zjištěn dvojnásobný obsah jodu v této minerální vodě oproti dosud nejúčinnějším pramenům v Rakousku.

Studium biologických aspektů jodu v ČR

V České republice se výzkumnou problematikou biologické významnosti jodu, jako nutričního faktoru a jeho potenciálních zdrojů, v posledních 40 letech zabývala řada pracovišť. Protože je ČR v I deficitní, otázka nebyla podceňována a byly dosaženy důležité a zajímavé výzkumné výsledky. Pokud se ovšem soustředíme jen na mlékařství, pak lze zmínit významné aktivity Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Zemědělské fakulty (J. Kursa, V. Kroupová, J. Trávníček atd.). Dalším významným pracovištěm je Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně (I. Herzig, P. Suchý, E. Straková, J. Illek, L. Vorlová atd.). Jsou zde samozřejmě další pracoviště a výsledky tak umožňují získat o této problematice ucelený přehled v zemi, kde je tato otázka zvláště

významná, pro její lokalizaci v podstatě v jodovém stínu, i rekonstruovat dynamiku vývoje místních potravinových jodových zdrojů.

Zdroje biologické variability jodu v mléce

Mléko domácích přežvýkavců je dnes považováno za významný zdroj jodu (Hejtmánková et al., 2006; van der Reijden et al., 2019). Přesto je třeba zmínit významné zdroje výrazné variability tohoto zdroje. Příjem I krav v laktaci by neměl překračovat rozpětí 0,5 až 5 mg/kg sušiny v krmné dávce pro jejich zdraví i snížení rizika předávkování u konzumentů mléka (van der Reijden et al., 2019; Kursá et al., 2005). Bohužel, obsah I v krmivech i krmných dávkách velmi kolísá podle vzdálenosti od moře, geochemie půdy, srážek, regionu, růstových fází rostlin, dostupných zdrojů zvířat, spotřeby lizů, stadia laktace atd.

Např. obsah I v pastvě (Trávníček et al., 2004) byl od 5. do 7. měsíce $101,3 \pm 73,6 \mu\text{g} \times \text{kg}^{-1}$ sušiny a od 8. do 10. $214,5 \pm 107,3$, což opravdu naznačuje výrazné kolísání, a to jen z titulu sezónnosti krmných zdrojů, což je ovšem pro býložravce také zásadní faktor. Toto kolísání se pak přirozeně, přeneseně odráží i v humánních potravinových zdrojích, kdy může vést i k nadbytečnému příjmu. V ČR (2009 – 2018; Konečný et al., 2019) byly zaznamenány poklesy I v mléce ze $479,5 \pm 304,9$ na $231,2 \pm 63,5 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$. Muselo tedy dojít ke kolísání četných zdrojů I v krmení zvířat a technologii dojení. V ovčím a kozím mléce na Slovensku byl zjištěn nedostatek zásobení, neboť 62,8 % bylo pod $80 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$ a 35,3 % pod $60 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$. Trávníček a Kursá (2001) uvedli v ČR u ovcí a koz průměry v mléce 105,5 a 31,6 až $63 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$. Za nejdůležitější zdroje kolísání I v mléce lze označit krmiva (van der Reijden et al., 2019) a aplikaci jodové dezinfekce struků (Flachowsky, 2007; Flachowsky et al., 2014; Vorlová et al., 2014).

Van der Reijden et al. (2019) ve výše uvedené souvislosti zjistili, že jodová koncentrace krmiv dojnic je v pozitivním lineárním vztahu ke koncentraci jodu v mléce, stejně jako Trávníček et al. (2010) našli nejvyšší koncentrace mléčného I u ovcí s nejvyšším doplňováním jodu krmivem. Trávníček a Kursá (2001) shledali u ovcí výživou jodově nepodporovaných a podporovaných hladiny mléčného I $47,9 \pm 27,8$ a $243 \pm 87,2 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$, Franke et al. (2009) u krav od 83 ± 5 do $1464 \pm 67 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$ a Flachowsky (2007) a Flachowsky et al. (2014) při překrmování I až $2762 \pm 852 \mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$. Takové koncentrace, jako posledně zmíněná, by mohly být potenciálně problémové i pro konzumenty. Vliv orálního příjmu zvířaty je tak zásadní, přičemž např. glukosinoláty a další sírné biomolekuly z krmiv řepky olejky mohou redukovat metabolické využití jodu z krmiv zvířaty.

Vlastní výzkumné výsledky jodové variability v mléce

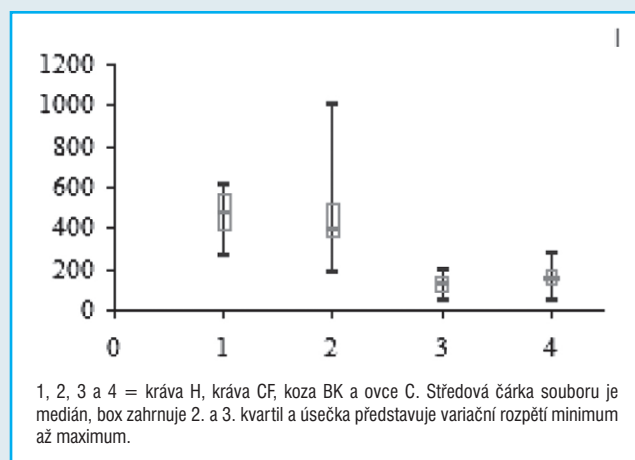
Pokud se jedná o naše vlastní výsledky sledování jodu v bazénovém mléce, především jsme zjistili (Hanuš et al.,

2008 a, b, c, d, 2009) významné rozdíly (pravděpodobnost nulové hypotézy $P \leq 0,05$ až $0,001$) v koncentraci jodu mezi skotem a ovce, skotem a kozami a mezi ovce a kozami, zatímco rozdíly u krav mezi plemenem Holštýn a České strakaté byly nevýznamné ($P > 0,05$; Tab. 1; Obr. 2). Z hlediska analytické metodiky, koncentrace mléčného jodu (I) byla vyšetřena fotometrickou metodou s alkalickou mineralizací (KOH) a brucinem (modifikovaná Sandell-Kolthoffova reakce) při 420 nm pomocí přístroje Spekol 11 (Carl Zeiss, Jena). Tento údaj je důležitý při případném srovnávání výsledků mezi výzkumnými pracemi. Jak je patrné, variabilita uvnitř skupin byla srovnatelná, od 22,5 do 37,3 %, což nejsou diametrální rozdíly. Navíc, překvapivě, u obvykle vysoce variabilního jodu v přírodních zdrojích, poukazuje v konkrétních souborech téměř na normální frekvenční distribuci hodnot (Tab. 1; Obr. 2). Hypoteticky lze za zdroje rozdílů označit vyšší zkrmování medikovaných koncentrátů (např. škrobových, jodem atp.) nebo olizování jodizované soli u skotu, stejně jako častější frekvenci použití jodové dezinfekce struků v hygienickém režimu technologie dojení oproti malým přežvýkavcům.

Tab. 1 Koncentrace jodu (I) v bazénovém mléce domácích přežvýkavců

Druh zvířete	Plemeno	Počet vzorků	I, $\bar{x} \pm \text{sd}$ ($\mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$)	vx (%)
Kráva (skot)	Holštýn (H)	36	$462,8 \pm 103,9$	22,5
Kráva (skot)	České strakaté (CF)	93	$434,9 \pm 142,8$	32,8
Koza	Bílá krátkosrstá (BK)	60	$126,0 \pm 47,0$	37,3
Ovce	Cighája (C)	60	$164,2 \pm 52,2$	31,8

$\bar{x} \pm \text{sd}$ = průměr a směrodatná odchylka; vx = variační koeficient



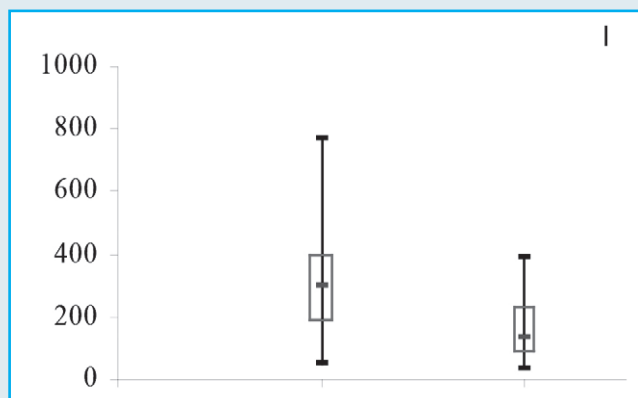
Obr. 2 Koncentrace jodu (I) v bazénovém mléce domácích přežvýkavců v $\mu\text{g} \times \text{l}^{-1}$

Dále byla zaznamenána (Hanuš et al., 2008 a, b, c, d, 2009) významně vyšší ($P \leq 0,001$) koncentrace jodu v bazénovém mléce u dojnic chovaných v konvenčním režimu oproti chovům ekologickým (Tab. 2). Současně se ekologické chovy vyznačovaly vyšší variabilitou (66,7 %)

I v mléce, jejímž zdrojem mohla být proměnlivost praktických podmínek technologie chovu. Ve druhém sledování (Obr. 3): bazénové vzorky mléka holštýnských krav ze zimní a letní sezóny ve 4 konvenčních (K; n = 32) a ve 4 ekologických (E; n = 16) stádech. Aritmetický průměr 174 (E; ± 116 ; vx = 66,7 %) < 304 (K; ± 167 ; vx = 55,1 %) $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$ byl nižší o 74,3 % (P \leq 0,01). Průměrná mléčná užitkovost stád K byla 7016 \pm 1068 a E 7037 \pm 422 kg za laktaci, což je důležité pro uvedené srovnání. Zdůvodnění zjištěných rozdílů je hypoteticky opět ve vyšším zkrmování medikovaných koncentrátů s I u skotu v konvenčních chovech, stejně jako častější frekvenci použití jodové dezinfekce struků v hygienickém režimu technologie dojení oproti chovům ekologickým. Takové úvahy opravňují i výsledky jiných prací (Roseland et al., 2020).

Tab. 2 Koncentrace jodu (I) v bazénovém mléce konvenčních a ekologických chovů krav holštýnského (H) skotu

Druh zvířete	Plemeno	Počet vzorků	I, $\bar{x} \pm \text{sd}$ ($\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$)	vx (%)
Skot (kráva, H)	konvenční	36	462,8 \pm 103,9	22,5
Skot (kráva, H)	ekologický	16	174,3 \pm 116,3	66,7



Obr. 3 Koncentrace jodu (I) v bazénovém kravském mléce z konvenčního a ekologického způsobu zemědělského hospodaření v $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$

Vysvětlení grafu podle Obr. 2

Další práce v uvedené oblasti (Klimešová et al., 2021) přinesla po čase aktuálně významné možnosti konfrontace výsledků. Průměrné hladiny jodu v kravském (n = 134), kozím (n = 71) a ovčím (n = 68) mléce, včetně obou zemědělských postupů (konvenčního a ekologického), byly následující: 127,8, 249,7 a 264,2 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$. Přitom obsah I pod 80 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$ poukazuje na pravděpodobný nedostatek I ve výživě ovcí, u koz pak 60 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$ (Trávníček a Kursá, 2001; Paulíková et al., 2008). Obsah jodu v konvenčním a bio- mléce krav byl 132,6 a 115,3 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$, v kozím mléce 248,3 a 251,6 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$ a v ovčím mléce 248,3 a 278,4 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$. Je proto vidět, že konkrétní podmínky vzorkování, a s tím spojené použité technologie chovu zvířat, značně ovlivňují výsledky. Přesto, trendové orientace zůstávají podobné. U malých přežvýkavců byly však zde rozdíly

mezi mlékem konvenčním a ekologickým zanedbatelné a opačně oproti očekávání. To nicméně, sice v očekávané konfiguraci, platilo i o mléce kravském (P > 0,05) i když rozdíl byl zřetelný. Uvedené bylo dáno zřejmě tím, že rozdíly mezi konvenčním a ekologickým chovem jsou v ČR zřetelně výraznější (způsob výživy a hygiena dojení) u skotu, než koz a ovcí. Také je možné, dle zkušeností, že časem došlo k určitému omezení používání strukové dezinfekce typu s jodovou složkou. Hladina jodu v kravském mléce byla z velkých farem ve srovnání se středními a malými farmami vyšší a rozdíly mezi velikostmi stád byly statisticky významné (P < 0,001). Rozdíly mezi vazným a volným ustájením nebyly velké, nicméně byly také statisticky významné (P < 0,05).

Při korelační analýze byl také zjištěn nevýznamný vztah (P > 0,05; y = -46,254x + 291,05) -0,23 mezi jodem a počtem somatických buněk (log) v kozím mléce, který byl v ovčím mléce -0,21 (P > 0,05; y = -25,408x + 234,18). Nevýznamný vztah, ale stejný trend by mohl být vysvětlen snížením metabolické buněčné aktivity při tvorbě mléka ve žláze se zvýšeným počtem somatických buněk. Byly rovněž, částečně překvapivě, nalezeny i vlivy genetické na tento jodový metabolismus (Hanus et al., 2011), kde vliv otců krav (na dcery) na jod v kravském mléce byl významný (P = 0,0002). Uvedené platilo pro 13 býků s více než 5ti dcerami na otce plemene České strakaté při 191 individuálních vzorcích mléka s periodou vzorkování u krav od 90. do 180. dne laktace a s průměrným obsahem jodu 333,1 \pm 124,8 $\mu\text{g}\times\text{l}^{-1}$ (vx = 37,5 %).

Závěr

Současné technologie chovu, zejména skotu (dojnic), nabízejí mléko jako surovinu ke zpracování na mléčné produkty také jako důležitý zdroj biologicky významného mikroprvku jodu pro humánní výživu. Tento přirozený, biologicky vyvážený, potravinový zdroj se jeví v našich podmínkách jako doplnění humánní stravy vhodnější než pouze jodizovaná sůl.

Rešerše byla podporována projekty MZe RO1420 a NAZV KUS QJ1510336.

Seznam literatury

- FLACHOWSKY, G. (2007): Iodine in animal nutrition and iodine transfer from feed into food of animal origin. *Lohmann Infor.*, 42, 2, s. 47-59.
- FLACHOWSKY, G., FRANKE, K., MEYER, U., LEITERER, M., SCHONE, F. (2014): Influencing factors on iodine content of cow milk. *Eur. J. Nutr.*, 53, 2, s. 351-365.
- FRANKE, K., MEYER, U., WAGNER, H., FLACHOWSKY, G. (2009): Influence of various iodine supplementation levels and two different iodine species on the iodine content of the milk of cows fed rapeseed meal or distillers dried grains with solubles as the protein source. *J. Dairy Sci.*, 92, 9, s. 4514-4523.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., VYLETĚLOVÁ, M., KUČERA, J., TRÍNÁCTÝ, J. (2009): The effects of milk indicators of sheep mammary gland health state on some milk composition and properties. *Folia Veter.*, 53, 4, s. 208-216.

- 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 jódu 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 Hálová¹, 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.