

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



**Vliv zkrmování lněného semínka na kvalitu mléčného tuku
koz**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Malá Kateřina

Obor studia: Výživa zvířat a dietetika

Vedoucí práce: doc. Ing. Milena Fantová, CSc.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv zkrmování lněného semínka na kvalitu mléčného tuku koz" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Mileně Fantové, CSc. za příjemnou spolupráci v pozitivním duchu. Můj dík patří také Bc. Michaelle Kochové, za to, že se mnou měla trpělivost, pomáhala mi a zůstala mou nejlepší přítelkyní ve všech chvílích.

Je na místě poděkovat také panu Pulíčkovi, majiteli farmy v Pěňčíně, který nám poskytl potřebné české bílé kozy krátkosrsté do pokusu a svou ochotou se nám snažil vyjít maximálně vstříc.

Vliv zkrmování lněného semínka na kvalitu mléčného tuku koz

Souhrn

Práce se zabývala vlivem zkrmování lněného semene na kvalitu mléčného tuku koz. Cílem bylo navýšit tučnost mléka a obsah omega-3 a omega-6 mastných kyselin v mléčném tuku koz. Hlavním prostředkem pro ovlivnění profilu mastných kyselin mléka byla výživa, zvláště pak použití krmných doplňků. Kozám vybraným do pokusu bylo zkrmováno lněné semeno upravené na lněný extrudovaný šrot a lněný olej. Kozy byly na základě toho rozděleny do tří pokusných skupin (každá skupina čítala 12ks), kdy skupině koz KP1 byl přikrmován lněný extrudovaný šrot, druhé skupině KP2 byl krměn lněný olej a třetí skupina KK sloužila jako kontrolní bez příkrmu aditiv. Na základě čtyř odběrů byly odebrány vzorky mléka od každé kozy, z kterých se následně stanovil podíl jednotlivých složek mléka, odstředila se tuková vrstva pro následné zamražení a dále se vytvořila směsná mléka (u každé skupiny 1 směs), která sloužila pro extrakci mastných kyselin. Analýze mastných kyselin bylo podrobena také lněné semeno, lněný extrudovaný šrot a lněný olej. Výsledky analýzy lněného semene poukázaly na jeho vysoký obsah kyseliny α -linolenové (55,8 %), kyseliny linolové (17 %) a následně kyseliny olejové (15,7 %) a palmitové (6,15 %). Analýzami mléka byla zjištěna vzrůstající tendence obsahu mléčného tuku po přikrmování aditivou. Profil mastných kyselin kozího mléka byl tvořen vysokým zastoupením SFA (70 %). Nenasycené mastné kyseliny skupiny MUFA zaznamenaly pokles v obsahu kyseliny olejové (C18:1n-9c) po příkrmu lněného oleje. Z PUFA kyselin byl zaznamenán nejvýznamnější nárůst u kyseliny α -linolenové, kdy se projevil vliv lněného extrudovaného šrotu i lněného oleje. Lněný olej i lněný extrudovaný šrot prokazatelně zvýšily obsah omega-3 mastných kyselin. Omega-6 mastné kyseliny vzrostly na základě doplňku lněného oleje, který navýšil také obsah konjugované kyseliny linolové (CLA), která je v současné době středem mnoha výzkumů, díky svým pozitivním účinkům na lidský organismus. Vliv zkrmování lněného semene na tučnost mléka a profil mastných kyselin mléčného tuku koz byl prokazatelný. Zároveň byl zvýšen i obsah cílených omega-3 a omega-6 mastných kyselin.

Klíčová slova: koza bílá krátkosrstá, lněné semínko, mléčný tuk, mastné kyseliny, výživa

Effect of feeding flaxseed on the quality of goat milk fat

Summary

Work examined the effect of feeding flaxseed to the quality of goats milk fat. The aim was to increase the milk fat content and omega-3 and omega-6 fatty acids in goats milk fat. The main means for affecting the fatty acid profile of milk is a diet, especially the use of dietary supplements. Goats selected in the experiment were feeding by linseed modified into extruded linseed meal and linseed oil. Goats were divided into three test groups (each group consisted of 12 pcs) when group KP1 was feeding by extruded linseed meal, KP2 second group was fed linseed oil and KK third group served as a control group without complementary food additives. On the basis of four sampling were collected milk samples from each goat, from which subsequently determine the contribution of individual components of milk, centrifuged fat layer for subsequent freezing and further to form a mixed milk (for each group 1 mixture), which was used for extraction of fatty acids. Fatty acid analysis was also subjected linseed, linseed extruded meal and linseed oil. Analysis results linseed pointed to its high content of α -linolenic acid (55.8%), linoleic acid (17%) followed by oleic acid (15.7%) and palmitic (6.15%). Analyzes of milk were found growing tendency of milk fat content after feeding additives. Fatty acid profile of goat milk was formed by high SFA representation (70%). Unsaturated fatty acids, MUFA group showed decrease in the content of oleic acid (C18: 1n-9c) after complementary food linseed oil. Of the acids PUFA was observed significant increase in α -linolenic acid, when the influence of extruded linseed meal and linseed oil. Linseed oil and linseed extruded meal probably increase the content of omega-3 fatty acids. Omega-6 fatty acids increased based on linseed oil supplement, which also increased the content of conjugated linoleic acid (CLA), which is currently the center of many studies, due to its positive effects on the human organism. Effect of feeding linseed on milk fat content and fatty acid profile of goats milk fat was demonstrable. At the same time it was increased and targeted content of omega-3 and omega-6 fatty acids.

Keywords: white short-haired goat, flaxseed, milk fat, fatty acids, nutrition

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Koza bílá krátkosrstá.....	10
3.1.1 Popis a původ plemene	10
3.1.2 Kontrola užitkovosti bílých krátkosrstých koz v ČR.....	10
3.2 Kozí mléko	12
3.2.1 Bílkoviny	12
3.2.2 Tuky	13
3.2.2.1 Syntéza mléčného tuku a lipogeneze mléčné žlázy.....	13
3.2.2.2 Mléčný tuk.....	14
3.2.2.3 Dělení mastných kyselin.....	16
3.2.2.4 Nasycené mastné kyseliny a kyselina olejová.....	16
3.2.2.5 Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA).....	17
3.2.2.6 <i>Trans</i> isomery mastných kyselin a CLA	18
3.2.2.7 Digesce a metabolismus mastných kyselin z KD	19
3.2.2.8 Absorpce mastných kyselin a transport.....	21
3.2.3 Laktóza.....	21
3.2.4 Makro a mikro minerály kozího mléka.....	22
3.2.5 Vitamíny kozího mléka.....	23
3.2.6 Faktory ovlivňující kvalitu mléčného tuku	24
3.2.6.1 Fáze laktace	24
3.2.6.2 Vliv krmné dávky	24
3.2.7 Vliv složení mastných kyselin mléčného tuku na zdraví lidí	26
3.3 Zkrmování lněného semene a jeho efekty na mléčný tuk.....	28
3.3.1 Lněné semeno	28
3.3.2 Úpravy lněného semene a jejich efektivita	29
3.3.2.1 Extrudované lněné semeno.....	30
3.3.2.2 Neupravené lněné semeno	31
3.3.2.3 Lněný olej.....	32
3.3.3 Chráněné tuky	33
3.3.3.1 Enkapsulace.....	33
3.3.3.2 Vápennaté soli	34

3.3.4	Omega-3 mastné kyseliny.....	35
3.3.5	Vliv lněného semínka na množství a složení profilu MK v mléčném tuku	35
4	Materiál a metody	38
4.1	Analýzy krmiva	39
4.1.1	Analýza základních složek krmiva a aditiv	39
4.1.2	Analýzy mastných kyselin v krmivu a aditivech	39
4.2	Analýza mléka	40
4.2.1	Analýza základních složek mléka.....	40
4.2.2	Analýza mastných kyselin v mléce.....	40
4.2.2.1	Použité chemikálie.....	40
4.2.2.2	Extrakce lipidů.....	40
4.2.2.3	Příprava methylesterů mastných kyselin (FAME) a analýza pomocí plynové chromatografie (GC).....	41
5	Výsledky	42
6	Diskuze	53
7	Závěr.....	58
8	Seznam literatury	59

1 Úvod

Chov koz zaujímá v České republice minoritní část živočišné produkce. V posledních letech nabývá chov koz opět na významu zvláště v podobě ekologického zemědělství, kdy se kozy nejčastěji chovají za účelem mléčné produkce. Cílem je produkce co možná nejkvalitnějšího mléka a mléčných produktů z něj vyrobených. Pro zvýšení výnosu mléčné produkce je důležitou složkou mléka tuk a jeho množství. Mléčný tuk koz je velmi specifický svým vysokým množstvím SFA (až 70 %). V současné době je pro chovatele nejdůležitější výnos, z tohoto důvodu se snaží zlepšit poměr mezi obsahem bílkovin a tuků mléka také prostřednictvím úpravy složení mastných kyselin mléčného tuku. Pro úpravu profilu mléčného tuku, zvláště obohacení o omega-3 mastné kyseliny, je efektivním prostředkem vhodná výživová strategie v chovu, kdy je používáno různých krmných aditiv. Jedním z velmi účinných krmných aditiv je lněné semínko, které je bohatým zdrojem omega-3 a omega-6 mastných kyselin především kyseliny α -linolenové a kyseliny linolové. Je předpoklad, že pomocí tohoto lipidového doplňku dojde ke zlepšení poměru omega-3 a omega-6 mastných kyselin mléčného tuku koz za současného zvýšení tučnosti mléka.

2 Cíl práce

Cílem této práce je provést a vyhodnotit analýzu mléčného tuku koz, které byly přikrmovány lněným extrudovaným šrotem v dávce 250 g/ks/den a lněným olejem v dávce 55 ml/ks/den v porovnání s kontrolní skupinou koz bez příkrmu. Pokus je proveden na základě hypotézy, kdy je předpoklad, že zkrmování lněného semene zvýší obsah mléčného tuku, včetně omega-3 a omega-6 mastných kyselin.

3 Literární rešerše

3.1 Koza bílá krátkosrstá

Chov koz v ČR obecně zaujímá minoritní postavení v rámci živočišné výroby. Nicméně v posledních letech zaznamenává růst zejména v oblasti ekologického zemědělství a v malochovech (Králíčková and Kuchtík, 2012).

3.1.1 Popis a původ plemene

Koza bílá krátkosrstá byla vyšlechtěna převodným křížením v první polovině 20. století. Původní kozy nacházející se na území České republiky, které neměly barevnou jednotnost, byly zapouštěny sánskými kozly původem ze Švýcarska a německým bílým ušlechtilým plemenem (Sambraus, 2006).

Tyto kozy řadíme mezi mléčná plemena. Tělesný rámec je střední až větší, harmonické stavby těla, dobré konstituce a s přiměřeně širokým a hlubokým hrudníkem (SCHOK, 2016). Srst na celém povrchu těla je bílá, krátká, přiléhavá bez pigmentace (Sambraus, 2006). Dominantní vlastností plemene je bezrohost (SCHOK, 2016). Fantová et al. (2000) uvádí, že od roku 1992 je povolena rohatost. V oblasti hrtanu jsou časté přívěsky neboli oringle. Kozy disponují dobře utvářeným vemenem vhodným jak pro ruční, tak pro strojní dojení. Plemeno je vhodné pro individuální i stádový chov. Kozy jsou rané, vysoce plodné a velmi odolné s dobrou krmitelností (SCHOK, 2016). Plodnost koz je 180-200 % (Sambraus, 2006).

Obecně se uvádí hmotnost kozlů v rozpětí 80-90 kilogramů s kohoutkovou výškou 75-85 centimetrů. Kozy jsou o něco menší než kozlové. V kohoutku dorůstají 70-80 centimetrů a váží 50-60 kilogramů (Sambraus, 2006).

Průměrná dojivost se uvádí v rozmezí 800-1000 kg mléka za normovanou laktaci (Sambraus, 2006). V roce 2001 došlo ke změně normované laktace, kdy původních 300 dní bylo sníženo na 280 dní normované laktace (Bucek et al., 2015). Mléko obsahuje v průměru 3,5 % tuku, 2,8 % bílkovin a 4,5 % laktózy (Sambraus, 2006).

3.1.2 Kontrola užitkovosti bílých krátkosrstých koz v ČR

Kontrola užitkovosti u koz bílých krátkosrstých je v České republice prováděna od roku 1928 (Sambraus, 2006; SCHOK, 2016).

Stavy koz zařazených do kontroly užitkovosti (tab. 1) se od roku 2000 zvýšily téměř dvojnásobně. Významný nárůst byl zaznamenán v rozšíření počtu větších chovů oproti

malochovatelům, který se zvýšil z 58,6 % v roce 2000 na 79,6 % v roce 2014. Zvýšení počtu sledovaných koz v kontrole užítkovosti stoupl o 190 %. Změnou délky normované laktace kleslo množství nadojeného mléka za laktaci spolu se zastoupením některých složek mléka, oproti tomu množství bílkovin v mléce vzrostlo, také díky tomu, že se stalo od roku 2001 hlavním selekčním kritériem dojných plemen koz. Šlechtění dojných plemen koz na větší zastoupení mléčné bílkoviny má za následek snižování podílu mléčného tuku (Bucek et al., 2015).

Tab. 1: Jednotlivá plemena koz a početní stavy v kontrole užítkovosti (Bucek et al., 2015).

Plemeno	Počet (ks)	%¹⁾	Počet laktací	%²⁾
bílá	2443	54,7	1704	59,4
hnědá	1138	25,5	738	25,7
anglonubijská	259	5,8	173	6,0
sánská	11	0,2	6	0,2
kříženci	318	7,1	236	8,2
burská	225	5,0	x	0,0
kašmírová	15	0,3	x	0,0
mohérová	26	0,6	x	0,0
zakrslá	14	0,3	x	0,0
walliserská	17	0,5	13	0,5
Celkem	4466	100,0	2870	100,0

Zdroj: Svaz chovatelů ovcí a koz z. s.

¹⁾podíl z celkového počtu koz v kontrole užítkovosti

²⁾podíl z celkového počtu laktací

Nejvyšší zastoupení v kontrole užítkovosti zaujímala v roce 2014 koza bílá krátkosrstá následována kozou hnědou krátkosrstou a kříženci (Bucek et al., 2015).

Hlavní početní zastoupení stavů koz pochází z podniků vlastnicích do 5 kusů koz, následují podniky s 6-10 kusy a podniky s více jak 50 kusy koz jsou minimálně zastoupeny (tab. 2; Bucek et al., 2015).

Tab. 2: Velikost podniků v závislosti na počtu chovaných koz v kontrole užítkovosti (Bucek et al., 2015).

Rok	Velikost podniku (počet koz v kuse) / podíl stád v %				
	do 5	6 až 10	11 až 20	21 až 50	více než 50
2010	65,0	14,7	9,0	6,8	4,5
2011	70,2	13,1	7,9	5,2	3,6
2012	78,3	9,1	6,5	3,2	2,9
2013	63,2	17,5	10,8	6,3	2,2
2014	68,2	14,1	8,8	6,0	2,9

Zdroj: Svaz chovatelů ovcí a koz z. s.

3.2 Kozí mléko

Kozí a kravské mléko patří mezi mléka kaseinová, ale jsou mezi nimi prokazatelné rozdíly ve složení/zastoupení (tab. 3) jednotlivých složek mléka (Chilliard et al., 2007; Belanger and Bredesenová, 2014; Fantová et al., 2015; Jandal, 1996; Park et al., 2007). Kozí mléko dle Park (1994) se liší od kravského nebo lidského mléka jeho vyšší stravitelností, zásaditostí, pufrovací kapacitou a jistými terapeutickými vlastnostmi v rámci medicíny a lidské výživy. Kozí a ovčí mléko disponují bílou barvou oproti mléku kravskému, které má barvu nažloutlou. Toto je dáno absencí karotenu v kozím a ovčím mléce (Saini and Gill, 1991). Kozí mléko má výraznější vůni než mléko ovčí. Tato skutečnost je zapříčiněna uvolňováním mastných kyselin (MK) s krátkým řetězcem při hrubé manipulaci, kdy dochází k typickému zápachu kozího mléka (Haenlein, 1993). Na rozdíl od mléka kravského, které je lehce kyselé, je kozí mléko zásadité, což je velmi pozitivní pro lidi trpící kyselostí organismu. Tato alkalita je způsobena vyšším podílem proteinů a jinou skladbou fosfátů (Saini and Gill, 1991).

Tab. 3: Průměrné složení základních živin kozího, ovčího, kravského a lidského mléka (Park et al., 2007).

Složka	Koza	Ovce	Kráva	Člověk
Tuk (%)	3,8	7,9	3,6	4,0
Sušina bez tuku (%)	8,9	12,0	9,0	8,9
Laktoza (%)	4,1	4,9	4,7	6,9
Bílkovina (%)	3,4	6,2	3,2	1,2
Kasein (%)	2,4	4,2	2,6	0,4
Albumin, globulin (%)	0,6	1,0	0,6	0,7
Nebílkovinný N (%)	0,4	0,8	0,2	0,5
Popeloviny (%)	0,8	0,9	0,7	0,3
Kalorie/100 ml	70	105	69	68

3.2.1 Bílkoviny

Kravské i kozí mléko obsahuje podobné množství bílkovin. Jejich množství se v mléce koz pohybuje v rozmezí 3-4,5 % (Haenlein, 1993). Podle Tamim and Deeth (1980) je mnoho

prokazatelných rozdílů ve složení a obsahu aminokyselin obsažených v bílkovinách kozího a ovčího mléka. Hlavní bílkoviny přítomné v kozím mléce jsou podle Fantové et al. (2015) a Jenness (1980) α -laktalbumin, β -laktalbumin, κ -kasein, β -kasein a α_{s1} kasein. Podle Mora-Gutierrez et al. (1991) kozí mléko obsahuje méně α_s -kaseinu a většinou mívá více α_{s2} -kaseinu. Množství κ -kaseinu a zvláště β -kaseinu je vyšší u kozího mléka oproti kravskému. Kozí mléko zároveň obsahuje vyšší podíl esenciálních aminokyselin, což potvrzuje jeho vyšší biologickou a nutriční hodnotu. Velmi nízká hodnota nebo úplná absence α_{s1} kaseinu v kozím mléce je jednoduchým nástrojem pro detekci falšování kozího mléka mlékem kravským. Je možno detekovat méně jak 1 % kravského mléka přimíchaného do mléka kozího (Aschaffenburg and Dance, 1968).

3.2.2 Tuky

3.2.2.1 Syntéza mléčného tuku a lipogeneze mléčné žlázy

Mléčný tuk je z 98 % tvořen triacylglyceroly (ve kterých mastné kyseliny zaujímají 95 %), méně jak z 1 % fosfolipidy a malým množstvím cholesterolu, 1,2-diacylglyceroly, monoacylglyceroly a volnými mastnými kyselinami (Jensen, 2002). Mléčné mastné kyseliny jsou také *de novo* syntetizovány v mléčné žláze (většinou všechny C4:0- C14:0 a 50 % C16:0 mastných kyselin) nebo extrahovány z arteriální krve (Chilliard et al., 2000). Ve výsledku jsou tyto mastné kyseliny esterifikovány na glycerol a triacylglyceroly jsou sekretovány v podobě tukových kapek (Chilliard et al., 2007). Doreau and Ferlay (2015) a Chilliard et al. (2007) dodávají, že v mléčné žláze dochází k *de novo* syntéze z acetátu a butyrátu krevní plasmy, což vede k množství mastných kyselin o krátkém a středním řetězci v mléčném tuku.

Tyto rozdílné cesty lipogeneze jsou podle Chilliard et al. (1991) a Hansen et al. (1986) regulovány z části mastnými kyselinami s dlouhým řetězcem (zahrnující MUFA a PUFA) pocházejících také z absorpce mastných kyselin z krmné dávky nebo z mobilizace tělesných tukových zásob, což snižuje *de novo* syntézu mastných kyselin.

Veškeré typy tukových aditiv přidávané k různým krmným dávkám pro kozy vyvolají prudký vzrůst obsahu mléčného tuku oproti skotu (Chilliard et al., 2003). Důvodem je nižším zastoupení kyseliny vakcenové v bachoru spolu s faktem, že lipogeneze mléčné žlázy se zdá být méně citlivá na *post* ruminální změny isomeru *trans*-10, *cis*-12 CLA (Andrade and Schmidely, 2006).

3.2.2.2 Mléčný tuk

Lipidy jsou považovány za nejdůležitější komponent kozího mléka z hlediska nákladů, výživy a fyzikálních a smyslových charakteristik, které dodává mléčným produktům (Park, 2006). Podle Jandal (1996) obsahuje kozí mléko okolo 2,75-6,43 % tuku (tab. 4). Mléčný tuk koz obsahuje méně rozpustných a více nerozpustných těkavých mastných kyselin než mléčný tuk krav (Park, 2006). Kozí mléko obsahuje vyšší podíl mastných kyselin s krátkým řetězcem, zvláště kyselinu kapronovou (C6:0), kaprilovou (C8:0) a kaprinovou (C10:0). Přítomnost relativně vysokého podílu mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem v mléce může být zodpovědná za charakteristickou chuť a zápach (Skjevdal, 1979). Park et al. (2007) uvádí nejvyšší množství těchto metabolicky cenných mastných kyselin s krátkým a středně dlouhým řetězcem u koz v pořadí C6:0 (2,4 %), C8:0 (2,7 %), C10:0 (10,0 %) a kyselinu laurovou C12:0 (5,0 %).

Tab. 4: Rozsah tuku, kaseinu a Ca v mléce koz, krav a ovcí (Jandal, 1996).

Komponenty	Koza	Kráva	Ovce
Tuk (%)	2,75-6,43	1,38-5,10	5,79-6,45
Kasein (%)	2,14-3,18	2,28-3,27	3,78-5,20
Ca (%)	0,10-0,14	0,10-0,13	0,16-0,18

Kozí mléko má oproti kravskému mléku málo aglutininu, který je zodpovědný za shlukování tukových kapének a rychlou separaci smetany (Jenness, 1980).

Kozí i ovčí mléko obsahují fosfolipidy v rozmezí od 30-50 mg na 100 ml mléka v závislosti na druhu zvířat, typu krmné dávky a sezóně. Tyto fosfolipidy zahrnují 0,2-1,0 % z celkových lipidů mléka (Jandal, 1996). Největší podíl mléka zaujímají triglyceridy neboli triacylglyceroly (98 %), jakožto hlavní stavební jednotka lipidů mléka zahrnující množství esterifikovaných mastných kyselin. Dále je složeno z mono- a diglyceridů, již zmíněných fosfolipidů, sterolů (zvláště cholesterol) a volných mastných kyselin (tab. 5; Fox and McSweeney, 1998; Park et al., 2007). Ve studii Park et al. (2007) dodávají další v těchto rozpustné komponenty steroly, estery cholesterolu a uhlovodíky. Triglyceridy jsou složeny z volných mastných kyselin o různé délce řetězce a nasycení (Jensen et al., 1991).

Tukové kuličky kozího mléka jsou menší a mají větší povrch, což umožňuje lipázám trávicího traktu jejich rychlejší rozklad (Jenness, 1980; Park, 1994). Velikost tukových

kuliček kolísá v rozmezí 0,1-10 μm , kdy největší část tukových kuliček je menších jak 3,5 μm (Saini and Gill, 1991; Park et al., 2007).

Tab. 5: Kompozice mastných kyselin kozího, kravského a ovčího mléka (hmotnostní %; Jandal, 1996).

Mastná kyselina	Koza	Kráva	Ovce
C4:0	2,6	3,3	4,0
C6:0	2,9	1,6	2,6
C8:0	2,7	1,3	2,5
C10:0	8,4	3,0	7,5
C12:0	3,3	3,1	3,7
C14:0	10,3	9,5	11,9
C16:0	24,6	26,5	25,2
C16:1	2,2	2,3	2,2
C18:0	12,5	14,6	12,6
C18:1	28,5	29,8	20,0
C18:2	2,2	2,5	2,1

Více než 20 % mastných kyselin v mléčném tuku kozího mléka jsou nasycené mastné kyseliny (Jeness, 1980). Ze 75 % je v mléčném tuku koz nejvíce zastoupeno pět mastných kyselin C10:0, C14:0, C16:0, C18:0 a C18:1 (Park et al., 2007).

Mezi přežvýkavci je kravské mléko nejbohatší na nasycené mastné kyseliny (69,7 %) oproti ovčímu (57,5 %) a kozímu (59,9 %) mléku. Mléko přežvýkavců obsahuje ve vyšší míře zdraví škodlivé *trans* mastné kyseliny, ale zároveň obsahuje nejvyšší množství pozitivně působící konjugované kyseliny linolové (0,4-0,7 %; Devle et al., 2012). Množství PUFA v kozím mléce (2,7 %) je nižší než u dojnic (3,2 %) a u ovcí (3,4 %; Blasi et al., 2008). Poměr n-6/n-3 se pohybuje v mléce dojnic kolem 2,4:1 a v mléce koz kolem 4,0:1 (Haug et al., 2007). Světová zdravotnická organizace (WHO) v roce 1993 doporučila poměr n-6/n-3 v rozmezí 3:1 až 4:1, v současné době FAO nedoporučuje žádný daný nebo správný poměr těchto dvou skupin mastných kyselin, ale pouze jejich doporučená denní množství pro jejich konzumaci (FAO, 2008).

Podle Kudrny et al. (2008) je hlavním prekurzorem syntézy mléčného tuku kyselina octová. Kyselina octová vzniká bachorovou fermentací strukturálních sacharidů nebo je výsledkem beta oxidace mastných kyselin v mitochondriích. Mikrobiální fermentací rostlinného materiálu vznikají v bachoru těkavé mastné kyseliny (octová, propionová a máselná) a amoniak. Tyto kyseliny jsou hlavním zdrojem energie a uhlíkatých struktur.

Podle Noakes et al. (1996) je mléčný tuk kritizován pro jeho vysoký obsah nasycených mastných kyselin, které přispívají ke vzniku hypercholesterolemie, atherosklerozy a jiných kardiovaskulárních onemocnění.

3.2.2.3 Dělení mastných kyselin

Mastné kyseliny se dají dělit na základě struktury do tří skupin: nasycené mastné kyseliny (SFA), mononenasycené mastné kyseliny (MUFA) a polynenasycené mastné kyseliny (PUFA). Dalším kritériem pro jejich rozdělení může být jejich kvantitativní zastoupení v tuku. Mastné kyseliny vyskytující se ve vyšším zastoupení jak 1 % v mléčném tuku jsou považovány za majoritní. Mastné kyseliny zaujímající méně jak 1 % zastoupení v mléčném tuku jsou minoritní. PUFA se dle poloh dvojných vazeb v uhlíkatém řetězci dělí na omega-6 (n-6) a omega-3 (n-3) mastné kyseliny. Do této skupiny patří esenciální mastné kyseliny linolová (n-6) a linolenová (n-3; Macek et al., 2010).

3.2.2.4 Nasycené mastné kyseliny a kyselina olejová

Nasycené mastné kyseliny se středním a dlouhým řetězcem (nejdůležitější zástupce kyselina palmitová C16:0) představují na rozdíl od PUFA nežádoucí složku mléčného tuku, která se podílí na zvyšování cholesterolu a na vzniku kardiovaskulárních onemocnění. Z tohoto důvodu existují v současné době snahy o zlepšení podílu PUFA/SFA s cílem zvýšit obsah PUFA. Výzkumy ukazují, že profil mastných kyselin mléka je dán částečně geneticky, ročním cyklem, ale zvláště výživou (Macek et al., 2010).

Stejně jako u dojnic je i u koz vysoký potenciál snížit nasycené MK o středně dlouhém řetězci (C10:0-C16:0). Kupříkladu, při zkrmování sena tvoří tyto čtyři MK 59 % mléčného tuku koz a poklesnou na 38 % po přidání lněného oleje nebo poklesnou až na 33 % po přidání lněného oleje s doplňkem vitamínu E (Chilliard and Ferlay, 2004). Koncentrace SFA v mléce, které jsou považovány za vysoce atherogenní, klesá s přidavkem lipidového doplňku. Koncentrace SFA s krátkým řetězcem zůstává i po přidavku lipidového doplňku nebo po mobilizaci tukových tkání těla nezměněná (Chilliard et al., 2003). Procentuální množství *cis*-9 C18:1 (isomer kyseliny olejové) v kozím mléce se nezvyšuje po podání extrudovaných

semen. U dojnic poměr *cis*-9 C18:1/C18:0 se nesnižuje ani nezvyšuje po přidání oleje slunečnicového, sojového nebo lněného. Oproti tomu u koz klesá poměr těchto MK velmi prudce v pořadí slunečnicový olej > slunečnicový olej obohacený o kyselinu linolovou > lněný olej > extrudovaná semena (Chilliard et al., 2007).

3.2.2.5 Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)

Obsah PUFA v mléce může být obvykle zvýšen použitím krmiv bohatých na obsah PUFA jako jsou oleje nebo semena olejnin. PUFA nejsou syntetizovány tkáněmi přežvýkavců a jejich obsah v mléce je závislý na množství těchto mastných kyselin opouštějících bachor. Lněné semeno je bohatým zdrojem kyseliny linolenové a slunečnicový olej je dobrým zdrojem kyseliny linolové. Frakce těchto uvolněných mastných kyselin může uniknout bachorové biohydrogenaci a může být přímo začleněna do triglyceridů mléčného tuku v mléčné žláze (Luna et al., 2008). Zkrmování PUFA přežvýkavcům pozměňuje bachorová fermentace, která vede k nedokonalé biohydrogenaci a produkci *trans*-11 C18:1 a *trans*-10, *cis*-12 C18:2, které inhibují *de novo* syntézu mastných kyselin mléka (Bauman and Griinari, 2001). Zhang et al. (2006) a Mir et al. (1999) se shodují, že zkrmování semen olejnin bohatých na PUFA značně zvyšuje obsah konjugované kyseliny linolové v mléce malých přežvýkavců.

Kyselina linolová (C18:2n-6) spolu s kyselinou linolenovou (C18:3n-3) plní řadu funkcí v organismu, kde jsou důležitou součástí buněčných membrán, působí jako prekurzory pro syntézu prostaglandinů, tromboxanů, leukotrienů, které inhibují aktivitu mikroorganismů v trávicím traktu, mají nezastupitelnou roli při řízení fyziologických procesů v organismu. Obecným problémem je, že PUFA mají rychlejší tendenci k metabolizaci v organismu díky svým dvojným vazbám, které jsou náchylné na oxidaci oproti nasyceným mastným kyselinám s jednoduchými vazbami (Macek et al., 2010).

Normální hladina kyseliny linolové v profilu mléčných MK u koz bez přídatku lipidových aditiv se pohybuje v rozmezí 2-3 %. Když je KD doplněna o semena nebo oleje obohacené o C18:2n-6, tak míra přesahuje obsah o 1,5 %. Při porovnání efektu olejů a semen olejnin bylo u koz odhaleno, že semena olejnin byly více hydrogenovány na kyselinu stearovou (C18:0) než oleje (Chilliard et al., 2003). Na základě tohoto lze předpokládat, že uvolnění lipidů z olejnatých semen bylo pomalé, což zlepšilo jejich celkovou hydrogenaci. Toto může vysvětlit, proč nezpracovaná olejnatá semena jsou více efektivní ve zvyšování C18:0 a *cis*-9 C18:1 oproti olejům (Chilliard et al., 2007).

Celé nezpracované lněné semeno obsahující kyselinu linolenovou bylo podle Chilliard et al. (2003) mnohem více hydrogenováno na C18:0 než C18:3n-3 pocházející z olejů. Při podání extrudovaného lněného semene se C18:3n-3 zvýšila více než při podání doplňku lněného oleje. Úprava lněného semene formaldehydem zvyšuje podíl C18:3n-3 v kozím mléce mnohem více než neupravené/nechráněné lněné semeno. Poměr C18:3n-3/18:2n-6 byl ostře zvýšen lněným olejem, ale mnohem více přídatkem extrudovaného lněného semene (Chilliard and Ferlay, 2004). Nízké množství absorbované C18:3n-3 vysvětluje její limitující zařazení do mléčného tuku. Její ochrana před hydrogenací v bachoru je efektivní pouze při použití enkapsulace pomocí proteinového matrixu (Doreau et al., 2011). Kyselina linolenová přispívá dietními n-3 mastnými kyselinami a zároveň podporuje zvyšování obsahu konjugované kyseliny linolové (CLA) v mléce přežvýkavců (Chilliard et al., 2007). Zvýšení kyseliny linolenové v mléce je zvláště důležité pro její pozitivní efekt prevence kardiovaskulárních onemocnění a vysokého krevního tlaku (Parodi, 2004).

3.2.2.6 *Trans* isomery mastných kyselin a CLA

Obecný pojem CLA (konjugovaná kyselina linolová) je společný název zahrnující všechny polohové a geometrické izomery kyseliny linolové, která obsahuje konjugované dvojné vazby (Lee et al., 2005). Jensen (2002) považuje CLA za důležitou složku mléčného tuku přežvýkavců. Park et al. (2007) uvádí jako hlavní *trans* mastnou kyselinu v kozím mléčném tuku *trans*-11 C18:1 neboli kyselinu vakcenovou. Důležitost *trans* mastných kyselin spočívá v jejich úloze jakožto prekurzory pro syntézu hlavního izomeru nutričně hodnotné CLA a bachorové kyseliny (*cis*-9, *trans*-11 C18:2), které se nacházejí v mléčné žláze (Griinari and Bauman, 1999).

Bylo zjištěno, že bachorová kyselina je zodpovědná za anti-karcinogenní a antiatherogenní účinky CLA (Lee et al., 2005). Bachorová kyselina může být produkována nedokonalou biohydrogenací kyseliny linolové v bachoru, ale hlavně bývá produkována z kyseliny vakcenové pomocí desaturace v mléčné žláze (Griinari et al., 2000). Kyselina vakcenová je známým meziproduktem biohydrogenace kyseliny linolové a kyseliny α -linolenové. Po absorpci je část kyseliny vakcenové desaturována na kyselinu bachorovou pomocí Δ -9 desaturázy v mléčné žláze. Tato metabolická cesta je považována za jednu z nejdůležitějších pro vznik kyseliny bachorové (Luna et al., 2008). Jahreis et al. (1999) zjistil, že obsah CLA je nejnižší u kozího mléka (0,65 %) oproti mléku ovčímu (1,08 %) a kravskému (1,01 %). Doreau et al. (2011) říká, že CLA je hlavně přítomna v tukové tkáni a v mléce. Jejich koncentrace závisí na typu tkáně a na druhu zvířete. Koncentrace CLA

v mléce je podle Chilliard and Ferlay (2004) odlišná na základě sezóny zvláště kvůli změně v krmení. Podle Chilliard et al. (2007) a Park et al. (2007) je *cis-9, trans-11 CLA* nejdůležitějším izomerem CLA a jeho koncentrace je nejvíce variabilní kvůli jeho přítomnosti při syntéze SCD v mléčné žláze. Předběžné výsledky ukazují, že tento protein kódující gen roste u koz krmených vysoce olejnatým slunečnicovým olejem. Lněný olej u koz zvyšuje izomery CLA. Park et al. (2007) a Chilliard et al. (2005) dodávají, že obsah CLA v mléčných produktech je ovlivněn mnoha faktory, strategiemi krmení zvířat a speciálními dietami obsahujícími semena olejin nebo doplňky v podobě olejů bohatých na PUFA. Luna et al. (2008) dodává, že suplementace olejovými doplňky je jednou z nejvhodnějších cest pro zvýšení obsahu CLA v mléce. CLA izomery jsou produkovány jako PUFA meziprodukty během bachorové biohydrogenace. Zvyšování obsahu CLA pomocí změn krmiva ústí v nižší míru nasycených mastných kyselin a větší množství mononenasycených mastných kyselin a PUFA v mléčném tuku. Obecně jsou účinnější oleje než celá nebo upravená semena olejin (Chilliard et al., 2002).

3.2.2.7 Digesce a metabolismus mastných kyselin z KD

Nenasycené mastné kyseliny jsou u přežvýkavců rozsáhle metabolizovány v bachoru *trans* izomerizací následovanou hydrogenací jejich dvojných vazeb, což vede k produkci různých nenasycených izomerů (CLA, *trans* mononenasycené mastné kyseliny, PUFA atd.). Z tohoto důvodu zde existují značné rozdíly mezi přijatými mastnými kyselinami v krmné dávce a těmi absorbovanými. Rychlost odchodu mastných kyselin z bachoru je téměř shodná s rychlostí jejich příjmu (Lock et al., 2006), kromě diet bohatých na obsah lipidů (Doreau and Ferlay, 1994). Podle Schmidely et al. (2008) je nejvyšší rovnováha fermentace mastných kyselin v bachoru pozorována, když je efektivnost mikrobiálního systému nízká nebo pomalá. Suksombat et al. (2016) dodávají, že bachorová biohydrogenace je limitujícím procesem množství nenasycených mastných kyselin v mléce a mléčných produktech.

Metabolismus lipidů v bachoru obsahuje několik kroků. Prvním z nich je lipolýza lipidů (galaktolipidy, fosfolipidy, triglyceridy), které se uvolňují v podobě volných mastných kyselin. Lipolýza je většinou kompletní jev díky mikrobiálním lipázám (Lee et al., 2004). Následuje izomerace mastných kyselin a hydrogenace enzymy bakterií. Tento proces vyžaduje volnou karboxylovou skupinu, a proto nemůže proběhnout bez předešlé lipolýzy. Protozoa obsahují vysoké množství meziproduktů biohydrogenace mastných kyselin oproti bakteriím, díky jejich predaci vůči bakteriím (Devillard et al., 2006). *De novo* syntéza mastných kyselin spočívá v syntéze lichých a rozvětvených řetězců mastných kyselin (Doreau

et al., 2011). Jenkins et al. (2008) dodávají, že relativní poměry různých izomerů záleží na mikrobiálním ekosystému a enzymatických procesech mikrobů.

Pro syntézu mléčného tuku jsou využívány i mastné kyseliny obsažené v krmivech (jadrná krmiva, siláže atd.; Kudrna et al., 2008). Hlavní mastné kyseliny přítomné v píce, obilovinách a olejninách jsou kyseliny s 18- ti uhlíky PUFA: kyselina linolová (C18:2n-6) a kyselina linolenová (C18:3n-3), přičemž některé olejnininy jsou bohaté na MUFA (zvláště kyselina olejová C18:1n-9) a mořské produkty (rybí olej, řasy atd.) jsou bohaté na PUFA s dlouhým řetězcem [kyselina eikosapentaenová C20:5n-3 (EPA) a kyselina dokosahexaenová C22:6n-3 (DHA)]. Tyto mastné kyseliny v KD jsou rozsáhle metabolizovány a biohydrogenovány v bachoru ne pouze na produkci kyseliny oktadekanové, ale také na široký rozsah PUFA a MUFA izomerů, zvláště na *trans* a konjugované mastné kyseliny (Palmquist et al., 2005). Tyto meziproducty bachorové biohydrogenace se velmi liší na základě změn v krmné dávce, což se projevuje na jejich různém obsahu v mléčném tuku (Lor et al., 2005). Kromě toho, že jsou absorbovány ve střevě a přímo sekretovány do mléka, jsou také jako meziproducty bachorové biohydrogenace transformovány tělními tkáněmi, zvláště mléčnou žlázou (Palmquist et al., 2005). Mimoto, meziproducty bachorové biohydrogenace hrají roli jako regulátory nebo disruptory lipogeneze mléčné žlázy, což má za následek změny v množství sekretovaného mléčného tuku, ale také ve složení mastných kyselin zahrnující krátké a středně dlouhé řetězce *de novo* syntetizovaných mastných kyselin (Bauman and Griinari, 2003). PUFA z KD, které unikají bachorové fermentaci a kyselina oktadekanová produkovaná v bachoru, mohou být reziduálními prekurzory a konečnými produkty bachorové biohydrogenace. Bachorová biohydrogenace upravuje pole interakcí veškerých mléčných mastných kyselin a hraje klíčovou roli v interakcích mezi KD přežvýkavců a syntézou a sekrecí mastných kyselin mléčnou žlázou (Chilliard et al., 2007). Stravitelnost mastných kyselin u přežvýkavců nezávisí na jejich příjmu v krmné dávce (Doreau et al., 2011).

Díky bachorové fermentaci se z tráveniny v bachoru vytratí 85-93 % kyseliny linolenové a kyseliny linolové (Doreau and Ferlay, 1994; Doreau and Ferlay, 2015). Rozsah bachorové fermentace závisí na nízké míře množství nebo druhu lipidů v KD, kromě lipidů chráněných před mikrobiální fermentací. Kromě zachycení mastných kyselin v rostlinných buňkách, je hlavním faktorem rozdílné bachorové biohydrogenace procentuální zastoupení koncentrovaných komponentů v krmné dávce. Krmná dávka obsahující více než 70 % koncentrátů vážně redukuje bachorovou fermentaci (Lor et al., 2004). Toto je pravděpodobně díky nízkému pH, což se ukázalo být jako limitující faktor lipolýzy a pro

linolovou kyselinu izomerizace a následná redukce vedou k akumulaci kyseliny vakcenové (Troegeler- Meynadier et al., 2006). Kudrna et al. (2008) dodávají, že dieta s vysokým podílem škrobu může způsobit rychlou fermentaci v bachoru a vzniklé nízké pH může eliminovat celulolytické bakterie. To má za následek nižší příjem sušiny, a tím i nižší obsah mléčného tuku. Kyselina octová se z 50-60 % podílí na produkci těkavých mastných kyselin. Vysoký podíl rostlinných olejů v KD má za následek sníženou tvorbu kyseliny octové, a tím i tvorbu mléčného tuku.

3.2.2.8 Absorpce mastných kyselin a transport

U přežvýkavců mastné kyseliny dosahující duodena jsou většinou adsorbovány na částech tráveniny a na bakteriích. Takto jsou desorbovány žlučovými solemi a lysolecitem, poté rozpuštěny v micelární fázi a následně jsou absorbovány jejunem. Žlučové soli jsou nezbytné pro emulgaci tuků, a tím pro jejich zpřístupnění pankreatickým enzymům (Doreau and Chilliard, 1997).

Většina mastných kyselin dosahujících duodena je neesterifikovaných. Jsou absorbovány v zažívacím traktu a mohou být desaturovány v enterocytech, ale pouze v omezeném množství (Bickerstaffe et al., 1972). Poté jsou v enterocytech esterifikovány a exportovány do orgánů (tuková tkáň, mléčná žláza, svaly) pomocí chylomiker nebo jako lipoproteiny o nízké denzitě. Množství esenciálních a neesenciálních mastných kyselin je rozdílné v plasmě a duodenu. Mnohem vyšší hodnoty kyseliny linolové a kyseliny linolenové jsou shledány v krevní plasmě (Glasser et al., 2007).

Malý podíl kyseliny linolové dosáhne tenkého střeva. Kromě významného množství kyseliny stearové bylo zjištěno, že velké množství *cis* a *trans* izomerů kyseliny vakcenové a olejové dosáhne tenkého střeva a jsou absorbovány a dostupné pro transport do mléka (Glasser et al., 2008).

3.2.3 Laktóza

Laktóza je hlavním zástupcem sacharidů v mléce (Park et al., 2007). Kozí mléko obsahuje přibližně 4 % laktózy (Jandal, 1996). Laktóza je disacharid tvořen molekulou glukózy a galaktózy (Park, 2006). Její syntéza z glukózy probíhá v mléčné žláze, pro niž je vyžadována aktivní účast mléčného proteinu α -laktalbuminu. Laktóza je hodnotná živina, která podporuje intestinální absorpci vápníku, hořčíku, fosforu a využití vitamínu D. Její zásadní význam spočívá v udržení osmotické rovnováhy mezi krevním řečištěm a alveolárními buňkami mléčné žlázy během syntézy mléka (Park et al., 2007).

V malém množství lze v kozím mléce najít oligosacharidy, glykopeptidy, glykoproteiny a nukleotidy (Park, 2006).

3.2.4 Makro a mikro minerály kozího mléka

Celkově má kozí mléko více Ca, P, K, Mg a Cl a méně S a Na oproti mléku kravskému (Park and Chukwu, 1988). Kozí mléko podle Jandal (1996) obsahuje přibližně 194 mg vápníku, 270 mg fosforu, 154 mg chlóru, 50 mg sodíku a 204 mg draslíku ve 100 g sušiny. Podle Park et al. (2007) obsahuje kozí mléko (tab. 6) 134mg Ca a 121mg P/100 g mléka. Celkový obsah popelovin kozího mléka je nepatrně vyšší než obsah v mléce kravském, kde se obvykle pohybuje v rozmezí 0,70-0,85 % (Parkash and Jenness, 1968). Maraval and Vignon (1982) uvádí značné kolísání v obsahu hlavních makroprvků v kozím mléce během prvních 7 týdnů laktace.

Tab. 6: Obsah minerálů a vitamínů (množství ve 100 g) kozího, ovčího a kravského mléka v porovnání s lidským mlékem (Park et al., 2007).

Složky	Koza	Ovce	Kráva	Člověk
Minerály (mg)				
Ca	134	193	122	33
P	121	158	119	43
Mg	16	18	12	4
K	181	136	152	55
Na	41	44	58	15
Cl	150	160	100	60
S	28	29	32	14
Fe	0,07	0,08	0,08	0,20
Cu	0,05	0,04	0,06	0,06
Mn	0,032	0,007	0,02	0,07
Zn	0,56	0,57	0,53	0,38
I	0,022	0,020	0,021	0,007
Se (µg)	1,33	1,0	0,96	1,52
Al	-	0,05- 0,18	-	0,06
Vitamíny				

Vitamín A (IU)	185	146	126	190
Vitamín D (IU)	2,3	0,18 μ g	2,0	1,4
Thiamin (mg)	0,068	0,08	0,045	0,017
Riboflavin (mg)	0,21	0,376	0,16	0,02
Niacin (mg)	0,27	0,416	0,08	0,17
Kyselina pantothenová (mg)	0,31	0,408	0,32	0,20
Vitamín B ₆ (mg)	0,046	0,08	0,042	0,011
Kyselina listová (μ g)	1,0	5,0	5,0	5,5
Biotin (μ g)	1,5	0,93	2,0	0,4
Vitamín B ₁₂ (μ g)	0,065	0,712	0,357	0,03
Vitamín C (mg)	1,29	4,16	0,94	5,0

3.2.5 Vitamíny kozího mléka

Kozí i ovčí mléko obsahují vysoké množství (tab. 7) vitamínu A, thiamin, riboflavin a kyselinu pantothenovou, ale chybí vitamín C a D, kyanokobalamin (vit. B₁₂) a kyselina listová. Někdy chybí také pyridoxin (vitamín B₆; Jenness, 1980; Park et al., 2007). Protože kozy konvertují veškerý β -karoten do vitamínu A v mléce, je jejich mléko bělejší oproti mléku kravskému (Park et al., 2007). Hladina kyseliny listové a vitamínu B₁₂ je 5krát vyšší u kravského mléka než u mléka kozího. Kyselina listová je nezbytná pro syntézu hemoglobinu (Collins, 1962). Deficit vitamínu B₁₂ je spojován se vznikem megaloblastické anémie u dětí (Parkash and Jenness, 1968), tato anémie byla spojována s nedostatkem kyseliny listové v kozím mléce (Park et al, 2007).

Tab. 7: Obsah vitamínů kozího a ovčího mléka (Jandal, 1996).

Vitamín	Koza	Ovce
Vitamín A (IU/l)	2074,0000	1460,0000
Vitamín B ₁ (mg/l)	0,4000	0,6900
Vitamín B ₂ (mg/l)	1,8400	3,8200
Niacin (mg/l)	1,8700	4,2700
Vitamín B ₆ (mg/l)	0,0700	-

Kyselina pantothenová (mg/l)	3,4400	3,6400
Biotin (mg/l)	0,039	0,093
Kyselina listová (mg/l)	0,0024	0,0024
Vitamín B ₁₂ (mg/l)	0,0006	0,0064
Vitamín C (mg/l)	15,0000	43,0000

3.2.6 Faktory ovlivňující kvalitu mléčného tuku

Profil mastných kyselin v mléce se různí na základě faktorů jako je plemeno, krmná dávka, fáze laktace, individualita zvířete, zdravotní stav a environmentální faktory (Moate et al., 2007). Podle Haenlein (2001) dochází ke změnám ve složení kozího mléka v průběhu sezóny, protože ke konci laktace dochází ke zvyšování tuku, bílkovin, sušiny a minerálních látek, zatímco obsah laktózy klesá.

3.2.6.1 Fáze laktace

Jedním z faktorů ovlivňujících kvalitu mléčného tuku je fáze laktace. V průběhu laktace se koncentrace tuku v mléce spolu s rostoucí produkcí mléka mění. Poměrně vysoký obsah tuku po porodu během laktace klesá (Kudrna et al., 2008). To potvrzuje i studie Fekadu et al. (2005), kteří prokázali vliv průběhu laktace na složení kozího mléka. Králíčková and Kuchtík (2012) potvrzují, že u koz je díky jejich sezónní laktaci běžné, že obsah sušiny, bílkovin a tuku je vysoký na počátku laktace, klesá se stoupající dojivostí a naopak, při snižování dojivosti se obsah sušiny, bílkovin a tuků zvyšuje. V rámci studie, kdy sledovali změny ve složení kozího mléka v průběhu laktčního období z pohledu vlivu fáze laktace, byl nejvíce proměnlivou složkou kozího mléka tuk. Naopak nejstabilnější složkou kozího mléka byla laktóza. Se zvyšujícím se obsahem tuku průkazně rostl i obsah bílkovin.

3.2.6.2 Vliv krmné dávky

Jakékoli změny v krmné dávce mají efekt na profil mastných kyselin v mléce. Modifikace mléka pozměňováním krmných komponentů dává potenciál pro zlepšení nutriční kvality mléka s ohledem na lidské zdraví (Devle et al., 2012). Jensen (2002) a Chilliard et al. (2003) uvádí jako nejdůležitější faktor regulace složení mastných kyselin krmivo, zejména dodání lipidových doplňků do krmné dávky. Zkrmování semen olejnin a rostlinných olejů je efektivní metodou pro manipulaci s kompozicí mastných kyselin u krav (Mustafa et al., 2003)

a u koz (Mir et al., 1999), díky redukci poměru nasycených a nenasyceným mastných kyselin mléka. Dle Chilliard et al. (2007) je kvalita mléčného tuku ovlivněna různými druhy krmné dávky. Jarní pastva v porovnání se zimní krmnou dávkou skládající se ze sena, slámy a koncentrovaných krmiv zvyšuje podíl kyseliny linolenové (C18:3n-3) v mléčném tuku koz beze změny *cis*-9, *trans*-11 CLA. Zvyšováním koncentrovaného krmiva v krmné dávce se snižuje kyselina palmitová (C16:0), C18:3n-3 a poměr C18:3n-3/C18:2n-6 za současného zvýšení C10:0- C14:0, kyseliny linolové C18:2n-6, *trans*-11 C18:1, *cis*-9, *trans*-11 CLA a ostatních *trans* izomerů mastných kyselin. Mastné kyseliny v píci jsou převážně v podobě galaktolipidů a v menší míře fosfolipidů, glyceridů a volných mastných kyselin. V koncentrovaných krmivech jsou mastné kyseliny v podobě fosfolipidů a esterů cholesterolu v membránách, a v podobě glyceridů v zásobních lipidech. Olejnatá semena jsou z tohoto důvodu bohatá na triglyceridy (Doreau and Ferlay, 2015). Rozdíly mastných kyselin koziho mléka během zkrmování pastvy a sena s přidavkem koncentrovaných krmiv se shodují se studii provedenými u dojnic. Tyto efekty se dají považovat za málo efektivní oproti přidavku lipidových doplňků do krmné dávky. Kudrna et al. (2008) dodávají, že na tvorbu kyseliny mléčné působí vysoké dávky koncentrovaných krmiv depresivně a tyto diety, které mají zároveň vysoký podíl škrobů a rozpustných sacharidů, podporují především tvorbu kyseliny propionové, čímž snižují tvorbu mléčného tuku. Samková et al. (2010) považují za zdravotně prospěšnější mléko dojnic krmených pastvou, než mléko zvířat krmených zimní krmnou dávkou nebo celoročně krmených konzervovanými krmivy.

Zkrmování lipidových doplňků dojným přežvýkavcům je dlouhodobě používáno farmáři pro modifikaci mléčné produkce a energetického metabolismu těchto zvířat nebo pro změnu složení mastných kyselin mléčného tuku (Palmquist et al., 1993; Akraim et al., 2006). Pokusy o změnu obsahu určitých mastných kyselin mléčného tuku většinou vedou ke změně i námi nechtěných mastných kyselin, což může být považováno za pozitivní nebo negativní efekt. Proto diety, které snižují nasycené mastné kyseliny v mléce a zvyšují PUFA nebo CLA obecně vyústí ve vyšší podíl *trans* C18:1, který je stále považován za kontroverzní (Lock et al., 2005). Chilliard et al. (2007) dodávají, že používání středních až vysokých množství lipidových doplňků může v určitých případech změnit mléčnou produkci (příjem krmiva, dojvost, obsah bílkovin nebo tuku mléka), a tím i ekonomickou profitabilitu farmy. Kudrna et al. (2008) dodávají, že složení mléčného tuku z hlediska profilu jeho MK lze částečně ovlivnit dietou. Jedná se o navýšení podílu nenasycených MK, zároveň o zvýšení podílu CLA a také o zvýšení poměru polynenasycených MK řady n-6/n-3. Řešením je uplatnění rostlinných olejů

a semen olejnin, zejména lněného semene, ale nedílnou součástí by měla být také pastva jakožto zdroj nenasycených MK a MK s dlouhým řetězcem.

Kudrna et al. (2008) udávají zkrmování tuků do 5 % jako pozitivní vliv na tvorbu mléčného tuku. Dochází k hydrolyze tuku na MK. Při zkrmování tuků v krmné dávce musí být dostatečný podíl vlákniny, jinak hrozí snížená hydrolyza tuků diety a hydrogenace nenasycených MK vede ke snížené tvorbě mléčného tuku a změně jeho složení. Tuky podávané v dietě jako nenasycené působí toxicky na bachorovou mikroflóru. Při zkrmování celých olejnatých semen dochází k rychlému průchodu bachorem, ale nepříznivé trávicí efekty v bachoru jsou minimální.

Bachorová biohydrogenace v kombinaci s lipogenezí mléčné žlázy a desaturací mastných kyselin značně ovlivňují profil mastných kyselin a složení mléka. Pastva má hlavní efekt na snižování SFA a zároveň zvyšování MK, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví (C9-18:1, C18:3n-3 a CLA), v porovnání se zimní krmnou dávkou, která se skládá především z konzervovaných krmiv a vyššího podílu koncentrovaných krmiv. Rostlinné doplňky tuků mají podobné účinky jako letní pastva, zvláště lněné semínko, ale zvyšují obsah mastných kyselin v mnohem vyšší míře, zároveň několik *trans* izomerů kyseliny olejové a konjugované nebo nekonjugované kyseliny linolové v případě podávání s vysoce koncentrovanou dietou. Kozy lépe reagují na kyselinu linolovou (C18:3n-3) a konjugovanou kyselinu linolovou (CLA), a v některých případech méně na kyselinu olejovou (Chilliard et al., 2007). Macek et al. (2010) nezaznamenali rozdíly mezi zimní a letní krmnou dávkou na množství mastných kyselin mléčného tuku při krmení monodiety. Při zkrmování pastvy jsou rozdíly významné a výrazné hlavně v obsahu zdravotně významných hypercholesterolemických mastných kyselin PUFA a CLA (Samková et al., 2010). Luna et al. (2008) se přiklání k názoru, že suplementace koncentrovanými krmivy nebo senem v krmné dávce zvyšuje obsah nasycených mastných kyselin o středně dlouhém řetězci v mléce. Koncentrace kyseliny linolové a α -linolenové v mléce se prokazatelně zvyšuje při zkrmování lipidových doplňků, zatímco poměr n-6/n-3 se snižuje z 6:1 na 4:1.

3.2.7 Vliv složení mastných kyselin mléčného tuku na zdraví lidí

Obsah nasycených mastných kyselin v produktech pocházejících od zvířat může zvýšit riziko kardiovaskulárních onemocnění (Joyce et al., 2009). V některých evropských zemích bylo odhadnuto, že až z 60 % se mléčné produkty podílí na příjmu nasycených mastných kyselin v dietě lidí (Chilliard et al., 2007). Oproti tomu konzumace n-3 mastných kyselin je pozitivní pro zdraví člověka (Gebauer et al., 2006). Zvláště CLA z mléčného tuku

přezvýkavců se projevila v různých experimentech anti-karcinogenně (Gebauer et al., 2011). V současné době je vzrůstající zájem o zvyšování obsahu n-3 mastných kyselin a CLA v produktech přezvýkavců prostřednictvím doplňků olejnatých semen bohatých na kyselinu α -linolenovou, která zvyšuje nenasycené mastné kyseliny (n-3) a CLA koncentraci v mléce, do krmných dávek (Chilliard et al., 2009). Mléko, od dojníc přikrmovaných lněným olejem, s vysokým obsahem CLA je charakteristické nízkým indexem rizika vzniku aterosklerózy a koronární trombózy, což naznačuje, že jeho používání má menší škodlivé účinky (Suksombat et al., 2016).

Nízký obsah kyseliny myristové (C14:0; 6,4 %) a vysoký obsah kyseliny stearové (C18:0; 17,2 %) činí kozí mléko příznivým s ohledem na hladinu cholesterolu v krvi lidí (Mensink et al., 2003). Vysoký obsah MUFA (35,9 %) je zapříčiněn kyselinou olejovou (C18:1n-9; 32,6 %), která je považována za příznivou mastnou kyselinu pro zdraví lidí (Haug et al., 2007). Tato mastná kyselina (C18:1n-9) má anti-atherogenní účinky a chrání endoteliální buňky (Massaro et al., 2002).

V posledních letech je příjem *trans* mastných kyselin spojován s onemocněním zvané ischemická choroba srdeční. Hlavním zdrojem *trans* mastných kyselin je konzumace částečně hydrogenovaných tuků a olejů v zelenině ačkoli se tyto komponenty vyskytují i v kozím, ovčím a kravském mléce (Park et al., 2007).

3.3 Zkrmování lněného semene a jeho efekty na mléčný tuk

Lipidy krmiva obecně zvyšují dojivost (Chilliard and Ferlay, 2004). Toto zvýšení bylo zaznamenáno po podání lněného oleje (Bu et al., 2007; Loor et al., 2005), zatímco snížení dojivosti bylo zaznamenáno po přidání extrudovaného lněného semene do krmné dávky (Akraim et al., 2007).

3.3.1 Lněné semeno

Ze studie Suchého et al. (2008) vyplývá, že v současné době převládá v ČR pěstování olejných odrůd lnu setého (*Linum usitatissimum* L.). Průměrný výnos semene je 0,66 t/ha. Z olejnin je len považován za nejméně náročný na pěstování. V ČR jsou pěstované 2 typy lnu, přradný a olejný. Během posledních let roste produkce lnu olejného jakožto zdroje lněného semene.

Len setý, přesněji řečeno jeho semeno, je bohatým zdrojem α -linolenové kyseliny (Mustafa et al., 2003). Zkrmování lněného semene dojnicím redukuje koncentraci SFA a mastných kyselin s krátkým řetězcem a zvyšuje koncentraci mastných kyselin s dlouhým řetězcem a PUFA (Mustafa et al., 2003; Petit, 2002). Lněné semínko je používáno ve výživě přežvýkavců již dlouhou dobu. Semeno je bohaté na již zmíněnou α -linolovou kyselinu a omega-3 mastné kyseliny. Navzdory intenzivní biohydrogenaci kyseliny α -linolenové v bacheru, její koncentrace v mléce vzrůstá se začleněním lněného semínka do krmné dávky. Tento nárůst je doprovázen produkcí jiných mastných kyselin během bacherové biohydrogenace, zvláště CLA a *trans* C18:1. Začlenění lněného semene do krmných dávek pro přežvýkavce se zdá být nejefektivnější cestou, jak snížit metanové emise zvířat. Částečné použití lněného semene pro výživu přežvýkavců ve velkém měřítku vyžaduje eliminaci negativních efektů. Nadměrný přísun lipidů z lněného semene může mít škodlivý účinek na trávicí efektivnost, obsah mléčného tuku a bílkovin, složení mastných kyselin mléka. Když množství lněného semene nepřekročí hodnotu 3 % v sušině krmiva, tak se žádné negativní účinky nedostaví (Doreau and Ferlay, 2015; Cenkvari et al., 2005). Zařazení lipidů do krmné dávky může snížit stravitelnost vlákniny kvůli možným poruchám mikrobiálního systému bacheru a fermentace. Většina vědců se shoduje, že toto riziko je zanedbatelné, když obsah tuku v krmné dávce nepřekročí 5 % v sušině. Větší přídatky často snižují stravitelnost (Petit, 2010). Ferlay et al. (2013) a Petit (2010) shodně tvrdí, že během krátkodobých studií bylo prokázáno, že zkrmování více jak 15 % lněného semene v sušině KD nijak nepozměnilo příjem sušiny. Doreau and Ferlay (2015) uvádí mírné začlenění lněného semene do KD (méně

jak 3 % přidaného tuku) jako nerizikové, kdy nedochází ke změně dojivosti a riziko snížení mléčného tuku nebo bílkoviny je zanedbatelné. Bernard et al. (2009) a Bhatt et al. (2011) se kloní k názoru, že zkrmování vysokých dávek olejů v krmné dávce přežvýkavců může způsobit negativní efekty na příjem krmiva, trávení živin a jejich retenci, což snižuje produkci zvířat, dojivost a obsah mléčného tuku. Suksombat et al. (2016) udávají, že celkový obsah tuků v krmné dávce by neměl překročit 6-7 % sušiny krmiva. Zkrmování lněného semene v dávce 260 g/ks/den nemá žádný negativní dopad na mléčný tuk a procentuální obsah bílkovin v mléce (Zhang et al., 2006).

Lněné semeno obsahuje přibližně stejné množství lipidů jako řepkové semeno, ale jeho lipidy jsou tvořeny vyšším množstvím polynenasycených mastných kyselin (McNamee et al., 2002).

Obecně je známo, že produkty z lněného semene snižují nasycené mastné kyseliny (C6:0 až C16:0) a zvyšují *cis*-9 C18:1, *trans*-11 C18:1, *cis*-9, *trans*-11 CLA a kyselinu linolenovou C18:3n-3, ale také mnoho dalších *trans* C18:1 a C18:2 izomerů. Tyto změny ovšem z velké části závisí na formě lipidového doplňku, ve které jsou podávány (celá semena, extrudovaná semena nebo oleje; Chilliard et al., 2009). Goodridge et al. (2001) potvrzují, že lipidové doplňky, zvláště ty, které jsou bohaté na PUFA, redukuje mastné kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem v mléce. Tato redukce je zřejmě v důsledku negativních efektů zkrmování lipidových doplňků za snížené *de novo* syntézy mléčného tuku (Bauman and Griinari, 2001).

3.3.2 Úpravy lněného semene a jejich efektivita

Různé metody úpravy semen olejnin (tab. 8) jako je chemická úprava, extruze, spaření nebo úprava párou, mají vliv na průchod nenasycených mastných kyselin trávicím traktem (Akraim et al., 2006).

Tab. 8: Chemické složení různých úprav lněného semene (Akraim et al., 2006).

Komponenty	Celé LS	Prekondicionované LS	Extrudované LS	Seno	Sojový šrot
Sušina (%)	92,3	89,3	93,5	92,0	89,1
(% z celkové sušiny)					

CP	20,8	21,7	21,0	8,6	47,4
NDF	30,8	33,1	32,5	65,7	16,3
ADF	14,5	13,6	13,2	34,4	11,3
SUMA C18	25,1	24,3	25,9	1,0	2,1
(% ze SUMY C18)					
C18:0	3,5	3,3	3,5	3,7	5,0
C18:1	18,0	16,6	18,1	10,5	18,3
C18:2	19,1	19,8	19,2	20,6	61,4
C18:3	58,1	59,1	57,9	59,5	11,8

LS- lněné semeno; CP- hrubý protein; NDF- neutrálně detergentní vláknina; ADF- acidodetergentní vláknina; DM- sušina.

3.3.2.1 Extrudované lněné semeno

V oblasti výživy zvířat většinou předchází extruzi prekonkondicionování, které sestává z přehřívání a předvlhčení surového materiálu za současného napaření párou a horkou vodou pro stanovení vlhkosti výsledného produktu (Akraim et al., 2006). Podle Petit et al. (2002) může vyšší teplota během předvlhčení vyvolat částečnou ochranu PUFA vůči bachorové biohydrogenaci. Akraim et al. (2006) vysvětlují, že lze považovat za nepravděpodobné, že by proces předvlhčení byl zodpovědný za vyšší obsah PUFA v trávicím traktu u skotu krmeného prekonkondicionovaným lněným semenem, díky použití nižší teploty. Extruze lněného semene neovlivňuje bachorovou biohydrogenaci PUFA mastných kyselin, což bylo stanoveno z profilu mastných kyselin duodenálního toku, bachorové tekutiny nebo z bachorových částic. Zároveň dokládají, že extruze nechrání PUFA řepky olejné (*Brassica napus* L.) v *in vitro* pozorování (Enjalbert et al., 2003). Dle Chouinard et al. (1997) zvyšování teploty během extruze ze 120 °C na 140 °C má pouze minoritní efekt na množství PUFA v mléčném tuku.

Extruze lněného semínka vyvolá dvakrát vyšší míru *cis*-9, *trans*-11 C18:2 než surové nebo prekonkondicionované semeno (Akraim et al., 2006). Chouinard et al. (2001) objevili třikrát vyšší míru *cis*-9, *trans*-11 C18:2 v mléce u diety s přídavkem extrudované sóje v porovnání se surovou. To potvrdili i Enjalbert et al. (2003) ve své studii u extrudované řepky, která silně zvýšila *cis*-9, *trans*-11 C18:2. Dirandech et al. (2013) zaznamenali redukcii koncentrace

mléčného tuku a dojivosti, když byly dojnice přikrmovány extrudovaným lněným semenem v dávce 4,03 %.

3.3.2.2 Neupravené lněné semeno

Zkrmování celého semene neovlivňuje dojivost ani obsah tuku v mléce (Petit, 2010). Oproti tomu Caroprese et al. (2010) zaznamenali vyšší dojivost u dojnic krmených přídatkem celého lněného semene. Podobný výsledek publikoval Lerch et al. (2012) při zkrmování extrudovaného lněného semene v dávce 3 % sušiny krmiva. Zkrmování celých olejnatých semen minimalizuje nepříznivé vlivy na bachorové trávení. Mikronizace lněného semene nebo jeho extruze vyúsťují v rozdílné efekty na koncentraci tuku v mléce s možným poklesem jeho obsahu (Kudrna et al., 2008). Jedním vysvětlením může být možný nárůst hodnoty uvolněného oleje z extrudovaného semene do bachoru v porovnání s celým semenem, u něhož může dojít k nárůstu produkce *trans* izomerů mastných kyselin v bachoru, a tím k poklesu tuku v mléce (Chilliard et al., 2009). Podle Glasser et al. (2008) je často zaznamenán pokles tuku v mléce při zkrmování lněného oleje. Uzavření oleje v semenech dává částečnou ochranu před atakem bachorových mikroorganismů nebo limituje efekt olejů na bachorovou fermentaci (Martin et al., 2015). Gonthier et al. (2004) porovnávali surové a extrudované lněné semeno a neobjevil žádné rozdíly mezi těmito dvěma formami. Zkrmování lněného semene má za následek zvýšení kyseliny linolenové, oproti tomu slunečnicové a sojové semeno zvyšují obsah CLA v kravském mléce (Mustafa et al., 2003).

Aldrich et al. (1997) a McNamee et al. (2002) dodávají, že přídatek lipidů v podobě celého semene v porovnání s přídatkem olejů často snižuje biohydrogenaci, ale ne vždy. Rozsah této redukce záleží na síle slupky a na velikosti částic (celé semeno, mleté nebo mačkané) a také na míře prožvýkání. Martin et al. (2015) shodně tvrdí, že slupka lněného semene neochrání mastné kyseliny před bachorovou fermentací. Petit and Cortes (2010) ukazují, že celé lněné semeno je málo chráněné před biohydrogenací. Extruze lněného semene, která teoreticky uvolňuje mastné kyseliny ze semene, nesnižuje hydrogenaci kyseliny linolenové C18:3n-3, ale zvyšuje produkci meziproduktů z fermentace PUFA, zvláště *trans* izomerů kyseliny vakcenové C18:1 (Doreau et al., 2009). Zhang et al. (2006) objevili, že zatímco zkrmování lněného semene jakožto lipidového doplňku zvyšuje procentuální obsah tuku v mléce, je pravděpodobné, že zvýšená koncentrace PUFA v mléce inhibuje *de novo* syntézu mastných kyselin v menší míře, než je zvýšení PUFA v mléce.

V některých studiích je uvedeno, že lněné semínko obsahuje kyanogenní látky, které mohou být toxické pro zvířata (Feng et al., 2003). Suchý et al. (2008) tyto kyanogenní

glykosidy specifikují jako linustatin a linamarin. Tyto látky jsou zastoupeny glykosidy. Úprava semen může látky eliminovat. Granulace snižuje celkový obsah kyanidů, zvláště díky působení vysokých teplot po delší dobu (Feng et al., 2003). Extruze snižuje zvláště kyselinu kyanovodíkovou (Normand et al., 2005). Dle Petit (2010) jsou kyanogenní látky transportovány do mléka v minimální míře, také díky bachorové biohydrogenaci těchto látek. Hodnoty v mléce jsou tak nízké, že je nelze považovat za toxické pro konzumaci lidmi.

V praktických podmínkách je krmení surového nebo extrudovaného lněného semínka použitelnější kvůli jeho nižší ceně, snadnější dostupnosti a jednodušší použitelnosti (Martin et al., 2015).

3.3.2.3 Lněný olej

Lněný olej obsahuje z nasycených mastných kyselin nejvíce kyselinu palmitovou (C16:0) a stearovou (C18:0), z nenasycených mastných kyselin je to kyselina olejová (C18:1n-9c), linolová a α -linolenová. Lněné oleje se dělí na dva typy, kdy je typ bohatý na kyselinu α -linolenovou (až 54 %) a tzv. nízkolinolenové oleje (do 3 %). Díky vysokému podílu omega-3 mastných kyselin (tab. 9) je lněný olej využíván při výživě zvířat. Z kvalitativního hlediska jsou přadné odrůdy lnu setého vhodnější ke zkrmování, zvláště díky jejich kvalitativním a dietetickým vlastnostem (Suchý et al., 2008).

Tab. 9: Nejvýznamnější zdroje omega-3 mastných kyselin (Suchý et al., 2008).

Mastná kyselina	Olej	(%)
Kyselina linolová	Světlicový olej	70
	Slunečnicový olej	66
	Kukuřičný olej	59
	Sojový olej	50
Kyselina γ linolenová	Brutnákový olej	24
	Černorybízový olej	17
	Pupalkový olej	9
	Konopný olej	2
Kyselina α linolenová	Lněný olej	55
	Černorybízový olej	33
	Konopný olej	19

	Kanolový olej	11
	Sojový olej	7
Kyselina eikosapentaenová	Olej z mořských ryb	16
Kyselina dokosahexaenová	Olej z mořských ryb	18

Aplikace lněného oleje bývá většinou v rozmezí 4-5 % sušiny krmné dávky. Ueda et al. (2003) uvádí, že přídavek do 3 % lněného oleje nezpůsobuje žádné negativní efekty na příjem sušiny a stravitelnost živin, zatímco Martin et al. (2008) zaznamenali silný pokles v příjmu sušiny a stravitelnosti živin při přídavku 5,7 % lněného oleje nebo lněného extrudovaného semene do krmné dávky. Shingfield et al. (2011) nezaznamenali žádný efekt na příjem sušiny při 3% přídavku lněného oleje do krmné dávky dojníc. Suksombat et al. (2016) objevili, že lněný olej je dobrým zdrojem nenasycených mastných kyselin jako jsou *cis*-9 C18:1, *cis*-9, *cis*-12 C18:2 a C18:3n-3. Jejich výzkum ukázal, že úprava lněného semene na olej neměla žádný efekt na příjem krmiva a stravitelnost živin, doživost, složení mléka a živou váhu oproti kontrolní skupině. Nicméně složení mastných kyselin bylo silně ovlivněno doplňkem lněného oleje do krmné dávky v porovnání s kontrolní skupinou bez doplňku.

3.3.3 Chráněné tuky

Pro malé přežvýkavce je dostupných málo studií o efektu doplňku chráněných tuků (*by-pass*) na změny ve fermentaci v bachoru. Proto je většina modelů zkoušena na mléčném skotu (Cenkvari et al., 2005).

Chráněné tuky mohou působit jakožto zdroj energie a zvyšovat obsah nenasycených mastných kyselin v mléčném tuku (Kudrna et al., 2008).

Aditiva obsahující tuky a oleje jsou náchylné k bachorové fermentaci. Je tudíž důležité je chránit. Tuková aditiva jsou někdy podávána ve formě triglyceridů nebo vápenatých solí (Doreau and Ferlay, 2015). Podle Doreau et al. (2011) je jediným doporučeným způsobem ochrany tuků enkapsulace ve vrstvě proteinů upravených formaldehydem.

3.3.3.1 Enkapsulace

Jednou z nejstarších metod ochrany tuků před bachorovou biohydrogenací je enkapsulace, kdy emulsifikované oleje se obalí matrixem složeným z proteinů upravených

formaldehydem. Proteiny mají chránit lipidy před bakteriemi v batoru. Následná hydrolyza proteinů probíhá ve slezu, kde dochází k uvolnění vlastních lipidů do tenkého střeva. Tato metoda je považována za nejefektivnější, ale její efektivnost lze ohrozit špatným technologickým procesem nebo nadměrnou mastikací zvířaty. Enkapsulované tuky mohou silně zvýšit podíl PUFA v mléce s možnými nepříznivými účinky na bod tání mléka, a tím ovlivnit technologii zpracování mléka. Nicméně tato technika není používána pro její vysoké náklady a potenciální negativní efekty při zkrmování nadměrného množství polynenasycených tuků na zdraví a produktivitu zvířat (Doreau et al., 2011). V současné době je snaha nahradit formaldehyd, který je v některých zemích zakázán, více přijatelnými substráty pro enkapsulaci (McDonald and Scott, 1977) jako jsou xylóza (Franklin et al., 1999) nebo gel ze syrovátkového proteinu (Carroll et al., 2006).

3.3.3.2 Vápennaté soli

Pokud je tuk chráněn formou vápenaté soli nebo saponifikovaného výrobku, působí jako zdroj energie, a tím zvyšuje obsah nenasycených mastných kyselin v mléčném tuku. Komplex lipid- vápník nebo lipid- protein je nerozpustný a tudíž nedegradovatelný v batoru při normálním pH (6-7), ale dobře se rozkládá v kyselém pH (2-3) slezu. Jestliže je tukový doplněk inertní vůči batorovému prostředí (vysoce saturovaný tuk, vápenatá sůl mastných kyselin, ochrana enkapsulací) přidán do krmné dávky, tak se množství mastných kyselin pro syntézu mléka zvyšuje a je pozorováno zvýšení produkce mléčného tuku (Kudrna et al., 2008).

Bylo také zjištěno, že ochrana lněného oleje v podobě vápenatých solí nefunguje zcela úplně a již v batoru dochází k degradaci mastných kyselin (Cenkvari et al., 2005). Ferlay et al. (1993) přichází s tvrzením, že vápenaté soli olejů obsahujících nenasycené mastné kyseliny nezabraňovali hydrogenaci. Vápenaté soli chránící lipidový doplněk podle Pabst (1990) degradují v batoru v malém rozsahu a poté jsou hydrolyzovány ve slezu, díky čemuž se mohou mastné kyseliny absorbovat. Jenkins and Bridges (2007) považují formování acylů mastných kyselin za moderní technologii ochrany tuků. Tato metoda částečně chrání proti hydrogenaci a zvyšuje obsah PUFA v mléce. Cenkvari et al. (2005) uvádí ještě metodu hydrogenace tuků jako účinnou ochranu před batorovou fermentací.

3.3.4 Omega-3 mastné kyseliny

Odrůdy lněného semínka obsahují vysoký obsah oleje (40 %) s 55 % kyseliny linolenové (Glasser et al., 2008). Přidáváním lněného semene do KD přežvýkavců zvyšuje obsah polynenasycených mastných kyselin v mléčných produktech. Některé jsou považovány za pozitivně ovlivňující lidské zdraví, zvláště polynenasycené mastné kyseliny zahrnující n-3 mastné kyseliny. Hlavní n-3 mastnou kyselinou v mléčném tuku je kyselina linolenová C18:3n-3. N-3 mastné kyseliny a zvláště 20 a 22 uhlíkaté mastné kyseliny mohou snižovat riziko kardiovaskulárních onemocnění (Mills et al., 2011).

Specifičnost trávicích procesů u přežvýkavců spočívá v rozsáhlé biohydrogenaci mastných kyselin krmné dávky v batoru před vlastní absorpcí v tenkém střevě. Následkem toho je množství n-3 mastných kyselin dosahujících tenkého střeva mnohem nižší než bylo původně obsaženo v krmné dávce, což má za následek kvantitativně nižší přechod těchto mastných kyselin do mléčného tuku v porovnání s monogastri (Doreau et al., 2011).

3.3.5 Vliv lněného semínka na množství a složení profilu MK v mléčném tuku

Profil mastných kyselin mléka lze mimo jiné ovlivňovat složením krmné dávky a to i přes výrazný vliv fermentačních procesů v batoru. Jedním z možných způsobů jak zvýšit obsah žádoucích MUFA a PUFA v mléčném tuku je použití olejů nebo semen olejin. Pozitivně se jeví především zkrmování lněného semene, který má vysoký obsah kyseliny linolenové, dále pak sojového, řepkového nebo slunečnicového semene (Kudrna et al., 2008).

Zkrmování lněného semene má vliv na kompozici mastných kyselin mléka jako jsou nasycené mastné kyseliny, *trans* C18:1, konjugované a nekonjugované izomery kyseliny linolové a linolenové. Rozsah změn ve složení mastných kyselin mléka je přímo úměrný množství zkrmovaného lněného semínka v KD (Glasser et al., 2008). Hlavní změny jsou pozorovány zvýšením kyseliny vakcenové *trans* C18:1 a v celkovém obsahu CLA v mléce. Zkrmování lněného semínka zvyšuje koncentraci různých izomerů CLA: *cis*-9, *trans*-11 C18:2, *trans*-11, *cis*-13 C18:2, *trans*-12, *trans*-14 C18:2 a *trans*-12, *cis*-14 C18:2 (Chilliard et al., 2007). Vztah kyseliny linolenové C18:3n-3 mezi příjmem a začleněním do profilu mastných kyselin mléka je lineární. Transport C18:3n-3 z diety do mléka se blíží 4,5 %. Nasycené mastné kyseliny v mléce klesají se zvyšujícím se příjmem lněného semene. Prokazatelné zvýšení po příjmu lněného semene nebo lněného oleje bylo u *cis*-9, *trans*-13, *trans*-11 a *cis*-15 C18:2, protože tyto mastné kyseliny jsou hlavními meziprodukty batorové biohydrogenace kyseliny linolenové (Chilliard et al., 2009; Ferlay et al., 2013). Luna et al. (2008) říkají, že dobře známé zkrmování semen olejin bohatých na C18:2 a C18:3, jako je

slunečnicové nebo lněné semeno, zvyšuje obsah bachorové kyseliny a kyseliny α -linolenové v mléčném tuku. Oproti tomu Zhang et al. (2006) objevili rozdílné efekty při zkrmování lněného a slunečnicového semene na doživost a složení mléčného tuku. Doplněk slunečnicového semene neovlivňoval doživost, ale redukoval obsah tuku a bílkovin v mléce v porovnání s pokusnou skupinou. Lněné semeno zvyšovalo obsah bílkovin v mléce a doživost, ale neovlivnilo obsah tuku v mléce.

Zkrmování lněného oleje zvýšilo mléčný tuk u koz po dvou týdenním zkrmování z 3,77 % tuku u kontrolní skupiny na 4,72 % tuku u pokusné skupiny s lipidovým doplňkem. Nasycené mastné kyseliny v mléčném tuku poklesly, kromě kyseliny stearové, která vzrostla. Koncentrace nenasycených mastných kyselin se změnila. Koncentrace kyseliny olejové a palmitoolejové poklesla a koncentrace kyseliny linolové a linolenové se zvýšila (Cenkvari et al., 2005). Suksombat et al. (2016) objevili, že zvířatům krmených lněným olejem poklesl obsah mastných kyselin s krátkým a středně dlouhým řetězcem (C4:0 až C16:0), zvýšil se podíl *trans*-9 C18:1 a *trans* C18:2n-6 v mléčném tuku. Doplněk lněného oleje do krmné dávky výrazně zvýšil obsah kyseliny linolenové C18:3n-3, která zaujímala 1,24 % z celkového množství mastných kyselin mléka v porovnání s kontrolní skupinou bez lipidového přídatku, kde C18:3n-3 zaujímala pouze 0,53 % z celkového obsahu mastných kyselin mléka. Zároveň vzrostl i obsah CLA z 0,68 % u kontrolní skupiny na 2,53 % u pokusné skupiny. Současně se zlepšila koncentrace EPA, DHA a n-3 mastných kyselin v mléce. Množství nasycených mastných kyselin pokleslo oproti nárůstu nenasycených mastných kyselin. Poměr n-6/n-3 se snížil. Další analýzy mléka prokázaly zvýšení kyseliny linolenové o 134 %, *cis*-9, *trans*-11 CLA o 272 % a *trans* 9 C18:1 o 267 % u pokusné skupiny dojnic.

Lerch et al. (2012) a Brown et al. (2008) vysvětlují snížení koncentrace mastných kyselin o krátkém a středně dlouhém řetězci při zkrmování lněného oleje sníženou *de novo* syntézou mastných kyselin o krátkém a středně dlouhém řetězci.

Doplněk lněného oleje prokazatelně zvyšuje pozitivní mastné kyseliny v mléce jako je kyselina linolenová C18:3n-3, *cis*-9, *trans*-11 CLA, EPA a DHA. Díky silně bioaktivním vlastnostem těchto mastných kyselin roste zdraví prospěšná kvalita. Snížení n-6 mastných kyselin vedle zvýšení n-3 mastných kyselin mělo za následek redukcii poměru n-6/n-3 mastných kyselin v mléce dojnic. Snižování poměru n-6/n-3 v potravinách je doporučováno pro prevenci nebo regulaci jistých nemocí u lidí (Leray, 2015).

Mléko dojnic přikrmovaných lněným olejem vykazuje zlepšení v profilu mastných kyselin, kdy se zvýšil obsah MUFA, PUFA a celková koncentrace nenasycených mastných kyselin a snížil se obsah SFA (Suksombat et al., 2016).

4 Materiál a metody

Do pokusu byly vybrány kozy na třetí laktaci (n=36), které byly během celého pokusu ustájeny. Vybrané kozy byly rozděleny do tří skupin. První pokusné skupině koz (KP1, n=12) byl přidáván do krmné dávky lněný extrudovaný šrot vyrobený firmou 1. zemědělská a.s. Chorušice. Druhá pokusná skupina koz (KP2, n=12) dostávala příkrm lněného oleje a třetí skupina koz byla kontrolní (KK, n=12) bez příkrmu aditiv. Zvířata byla do pokusu vybrána podle věku (3 roky) a načasování porodů. Kontrolní skupiny byly krmeny v průběhu laktace standardní krmnou dávkou, která byla složena z lučního porostu v množství cca 2 kg/ks/den, sena *ad libitum* a jadrné směsi. Jadrná směs byla zakládána při ranním dojení v dojírně v celkovém množství 300 g/ks/den. Přístup k vodě a minerálnímu lizu byl neomezený. V pokusných skupinách byly kozy krmeny standardní, výše popsanou, krmnou dávkou s přídatkem 250 g/ks/den lněného extrudovaného šrotu pro skupinu KP1 a 55 ml/ks/den lněného oleje pro skupinu KP2. Lněný extrudát a lněný olej byly pokusným skupinám přidávány do krmné dávky společně s jádrem při ranním dojení od června do července.

Odběry individuálních vzorků mléka probíhaly v pravidelných intervalech v průběhu krmného pokusu pomocí technologie strojního dojení. Poslední odběry mléka proběhly tři týdny po dokončení zkrmování lněného extrudovaného šrotu a lněného oleje s tím, zda se vliv podávaných aditiv projeví na skladbě mléčného tuku i po ukončení jejich zkrmování a v jaké míře. Individuální vzorky mléka byly odebrány při ranním dojení v množství 200 ml od každé kozy. Odebrané vzorky byly ihned popsány a vychlazeny na 4-6 °C, bez přidání konzervantů. Následně byly převezeny na analýzu základních mléčných složek a mastných kyselin do laboratoře. Nedílnou součástí pokusu bylo hodnocení denní doživosti, doживost byla stanovena s přesností 0,01 l. Pro úplnost dat byly odebrány vzorky krmiva a aditiv, kde bylo stanoveno zastoupení základních složek (sušina, tuk, dusíkaté látky, popeloviny) a profil mastných kyselin.

4.1 Analýzy krmiva

Pro přesnější stanovení vlivů aditiv na mléčné složky a mastné kyseliny obsažené v mléčném tuku koz byly analyzovány také vzorky krmiv a aditiv. Zde bylo zjišťováno základní šložení a profil mastných kyselin těchto krmiv (seno, zelená píce, jaderné krmivo) i aditiv (lněné semeno, lněný extrudovaný šrot, lněný olej).

4.1.1 Analýza základních složek krmiva a aditiv

Příprava vzorků pro analýzy byla provedena podle normy AOAC 950.02. Pouze byla pozměněna hrubost vzorku. Podle normy by měla být hrubost vzorku 2 mm. V našich analýzách bylo použito síto s hrubostí 1 mm. Ke stanovení sušiny vzorků byla využita metodika označena AOAC 991.02. Popeloviny byly stanoveny dle normy ČSN ISO 2171 (1980). Pro stanovení dusíku a dusíkatých látek byla použita norma ČSN ISO 1871 (1994), ovšem v normě byla uvedena teplota mineralizace 360-380 °C. Pro naše stanovení byla zvolena teplota pro mineralizaci vzorků 400 °C. Pro stanovení tuku ve vzorcích byla použita metodika převzatá ze směrnice komise 98/64/EHS (OJL 257 19/9/98). Ve směrnici byl pro extrakci tuku použit hexan nebo ether. V našich analýzách byl použit petrolether. Metoda pro stanovení vlákniny ve vzorcích byla převzata ze směrnice komise 92/89/EHS (OJL 344 26/11/92) věstník ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského ročník IV/2005.

4.1.2 Analýzy mastných kyselin v krmivu a aditivech

Analýzy profilu mastných kyselin v krmivu a aditivech byly provedeny podle platné normy ČSN ISO 5508 a ČSN ISO 5509 za využití plynového chromatografu Agilent Technologies 6890 N s kolonou DB-23, 60 m x 0,25 mm x 0,25 µm, jako nosný plyn byl použit dusík 0,8 ml/min s nástřikem 1 µl, 230 °C a detektorem FID, 260 °C. Jako standardy byl využit směsný standard 37 component Fame mix, Pufa 1,2,3 (Sigma Aldrich).

4.2 Analýza mléka

Vzorky syrového mléka (200 ml) byly vychlazeny na 4-6 °C a převezeny do laboratoře. Tam bylo po důkladném promíchání provedeno rozdělení vzorku mléka na tři zkušební díly. První díl byl ihned použit pro stanovení základních složek mléka, druhý byl odstředěn a získaný mléčný tuk pro stanovení mastných kyselin byl odebrán a zamrazen na -20 °C. Z třetího dílu zkušební vzorku byl na základě doживosti jednotlivých koz připraven poměrný modelový směsný vzorek pro pokusné a kontrolní skupiny zvířat. Část připraveného a promíchaného směsného vzorku byla vždy ihned podrobena analýze stanovení základních složek mléka. Další část byla odstředěna a získaný mléčný tuk pro stanovení mastných kyselin byl odebrán a zamrazen na -20 °C.

4.2.1 Analýza základních složek mléka

Jako součást laboratorní analýzy byl ve vzorcích mléka stanoven obsah tuku, hrubé bílkoviny, laktózy a tukuprosté sušiny. Tyto základní složky byly stanoveny na infračerveném analyzátoru s Fourierovou transformací pracujícím ve střední části infračerveného spektra (Milkoscan FT2). Vzorky byly analyzovány gravimetrickými metodami podle norem institutu ČSN.

4.2.2 Analýza mastných kyselin v mléce

4.2.2.1 Použité chemikálie

Všechny použité chemikálie byly čistoty p. a. Chloroform, dichlormethan (DCM) methanol, acetonitril, hexan byly v čistotě pro HPLC. Acetyl chlorid a kyselina chlorovodíková byly od firmy Sigma-Aldrich, USA. Deionizovaná (dd) voda byla vyrobena s použitím systému Milli Q Plus (Millipore SA, USA). Směsný standard 37 methylesterů mastných kyselin-Supelco 37 Component FAME Mix (CRM47885 Supelco).

4.2.2.2 Extrakce lipidů

Odebrané vzorky byly homogenizovány a centrifugovány při 5000 G za minutu po dobu 15 minut v 10 ml skleněných centrifugačních zkumavkách. Poté byl odstraněn supernatant a pelet buněk byl zmrazen na -70 °C. Zmražená biomasa byla lyofilizována (Lyovac GT2) po dobu 15 hodin a skladována v uzavřených skleněných nádobách při pokojové teplotě. Extrakční postup byl mírně modifikovaný postup podle Bligh and Dyer (1959). Postupně bylo přidáno 0.8 ml P-pufu, 2,0 ml MeOH a 1,0 ml DCM k 5 mg čerstvého

nebo lyofilizované biomasy ve vialce. Tato směs byla protřepána a sonifikována po dobu 10 minut ve vodní lázni. Pak bylo přidáno ke každému vzorku 1,0 ml P - pufru a 1,0 ml DCM. Směs byla odstředěna po dobu 10 minut při 2000 otáčkách za minutu a pomocí skleněné Pasteurovy pipety byla přenesena vrstva DCM (spodní fáze) do čistých zkumavek.

4.2.2.3 Příprava methylesterů mastných kyselin (FAME) a analýza pomocí plynové chromatografie (GC)

Celkový extrakt lipidů byl esterifikován přímo po odpaření extrakčních rozpouštědel kyselou katalyzovanou reakcí: 0,5 ml hexanu a 1 ml BF₃ - metanolu byl napipetován do uzavíratelné lahvičky a zahříván na 80 °C po dobu 1 hodiny. Po přidání 0,5 ml dd vody byl roztok míchán 1 min, následně byl přidán 2 ml hexanu a odstředěn po dobu 2 min při 2000 G za minutu. Poté následovalo stažení horní fáze do srdcové baňky, tato operace se provedla celkem 3x. Spojené extrakty byly odpařeny do sucha a naředěny do 10-50/μL hexanu v mikrozkušavce. Analýza pomocí plynové chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií (GC-MS) byla provedena s přístroji ITQ 1100 Trace GC Ultra (Thermo, USA). Methylestery mastných kyselin byly separovány na křemenné kapilární koloně (TR-FAME, 30 m × 0,25 mm vnitřního průměru, 0,25 μm film) Vzorky (1 μl) byly nastříknuty v splitless režimu. Teplota nástřikového portu byla 140 °C, teplota iontového zdroje 250 °C a teplota transferové kapiláry 250 °C. Jako nosný plyn bylo použito hélium o rychlosti průtoku 40 cm/s. Teplota pece začínala při teplotě 140 °C s nárůstem 4 °C/min až na konečnou hodnotu 240 °C po dobu 10 min. Celý systém byl ovládán pomocí softwaru Xcalibur.

5 Výsledky

Výsledky analýzy lněného extrudovaného šrotu, lněného semene a lněného oleje jsou zobrazeny v tab. 10. Z výsledků analýzy vyplývá zastoupení mastných kyselin v jednotlivých krmných doplňcích zkrmovaných v pokusu. Je patrné, že lněné semeno obsahuje vysoký podíl kyseliny α -linolenové (C18:3n-3; 55,8 %), linolové (C18:2n-6; 17 %), olejové (C18:1n-9; 15,7 %), palmitové (C16:0; 6,15 %) a stearové (C18:0; 3,68 %). Lněný extrudovaný šrot má nejvyšší podíl kyseliny palmitové (C16:0; 6,54 %), nejméně je obsaženo této kyseliny ve lněném oleji. Kyselina olejová (C18:1n-9) je u všech typů úprav lněného semínka téměř shodně zastoupena. Lněný extrudovaný šrot má nejvyšší zastoupení kyseliny linolové (C18:2n-6; 19,1 %). Lněný olej má oproti tomu nejvyšší podíl kyseliny α -linolenové (C18:3n-3; 56,87 %). Ostatní mastné kyseliny analýzy lněného semene se téměř nemění. Obsahu tuku ve lněném semeni byl 55,75 %, a ve lněném extrudovaném šrotu 42,34 %.

Tab. 10: Obsah mastných kyselin (%) ve lněném semínku, lněném oleji a lněném extrudovaném šrotu.

Mastná kyselina	Označení	Lněný olej	Lněné semeno	Lněný extrudovaný šrot
Palmitová	C16:0	5,733	6,155	6,544
Palmitoolejová	C16:1n-7	0,087	0,091	0,090
Margarová	C17:0	0,063	0,069	0,065
Stearová	C18:0	3,782	3,679	3,537
Olejová	C18:1n-9	15,578	15,773	15,627
	C18:1n-7	0,726	0,766	0,760
Linolová	C18:2n-6	16,586	17,065	19,101
α -Linolenová	C18:3n-3	56,873	55,805	53,703
Arachová	C20:0	0,124	0,129	0,118
Eikosenová	C20:1n-9	0,114	0,110	0,129
Eikosadienová	C20:2n-6	0,070	0,082	0,070
Arachidonová	C20:4n-6	0,054	0,050	0,044
	C20:3n-3	0,023	0,035	0,039
Behenová	C22:0	0,102	0,101	0,097
	C23:0	0,026	0,027	0,020
Lignocerová	C24:0	0,059	0,064	0,056

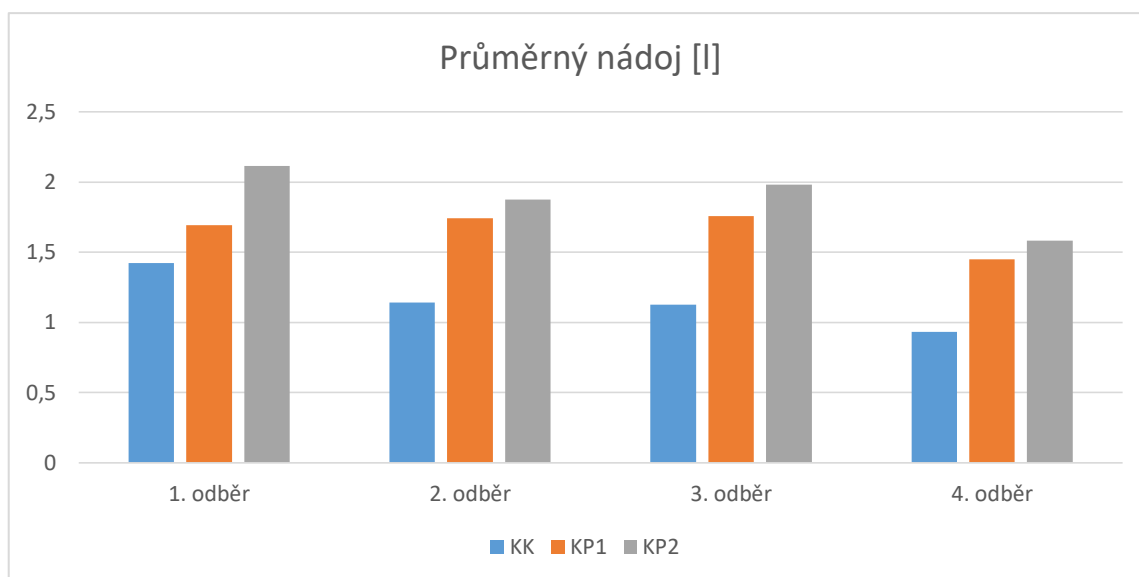
LO- lněný olej; LS- lněné semínko; LEŠ- lněný extrudovaný šrot.

Průměrné nádoje jednotlivých skupin jsou zobrazeny v tab. 11. Nejvyšší průměrný ranní nádoj byl zaznamenán u skupiny KP2, které byl v pokusu zkrmován lněný olej. Tento průměrný nádoj byl 2,12 l v prvním odběru. Nejnižší průměrný nádoj byl zaznamenán u kontrolní skupiny KK, který byl 0,93 l během 4. odběru, tedy na konci pokusu. Směrodatná odchylka byla 0,5 l. U některých jedinců nebylo nadojeno žádné mléko. Minima jsou proto v dané skupině nulová. Nejvyšší nádoj (maximum) byl zaznamenán u pokusné skupiny KP1(3 l/ks), které byl přidáván lněný extrudovaný šrot do krmné dávky. Průměrné nádoje z jednotlivých odběrů jsou znázorněny v grafu 1.

Tab. 11: Průměrné nádoje, směrodatné odchylky a minima a maxima nádojů jednotlivých skupin koz během pokusu.

Odběr	Skupina	Průměrný nádoj	Směrodatná odchylka	Min.-Max.
1.	KK	1,4250	0,430908	0,70-2,30
	KP1	1,6917	0,483281	1,00-2,50
	KP2	2,1167	0,542441	1,10-2,90
2.	KK	1,1417	0,458173	0,40-1,80
	KP1	1,7417	0,536755	1,00-2,50
	KP2	1,8750	0,626861	0,20-2,60
3.	KK	1,1250	0,559423	0,00-2,10
	KP1	1,7583	0,620056	0,09-3,00
	KP2	1,9833	0,462863	1,20-2,60
4.	KK	0,9333	0,571017	0,00-2,10
	KP1	1,4500	0,574456	0,70-2,40
	KP2	1,5833	0,590583	0,00-2,20

KP1- lněný extrudovaný šrot, KP2- lněný olej, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.



Graf 1: Průběh průměrného nádoje (l) za sledované období.

KP1- lněný extrudovaný šrot, KP2- lněný olej, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

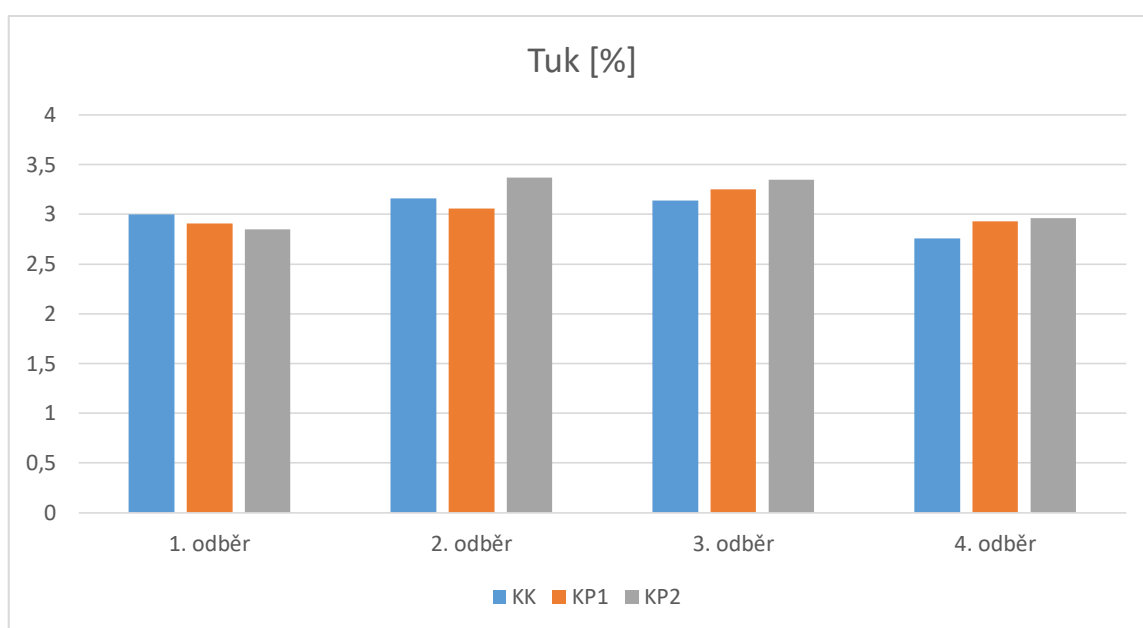
Průměrné obsahy složek mléka jako je tuk, bílkoviny, laktóza a celková sušina kozího mléka jsou shrnuty v tab. 12. Z výsledků je patrné, že obsah tuku se pohybuje u KK v rozmezí 2,76-3,16 %. U skupiny KP1 byl průměrný obsah tuku mezi hodnotami 2,91-3,25 %. Skupina KP2 vykazovala nejvyšší rozptyl v obsah tuku mezi hodnotami 2,85-3,37 %. Průměrný obsah tuku je znázorněn v grafu 2. Nejvyšší obsah tuku byl naměřen ve 3. odběru u skupiny KP2 (3,37 %). Obsah bílkovin se v kozím mléce pohyboval u všech tří pokusných skupin kolem hodnoty 3 %. Skupiny KK i KP1 zaznamenaly postupný nárůst v obsahu bílkovin. U skupiny KP2 došlo během 4. odběru k poklesu bílkovin na hodnotu 2,97 %. Obsah laktózy byl téměř shodný na úrovni 4,3-4,5 %. Celková sušina kozího mléka zaujímala další stálou složku, která se během prvních tří odběrů zvyšovala, ale poslední odběr zaznamenaly všechny skupiny pokles. Ze statistického šetření vyplývá, že mezi skupinou KP1 a KK existuje statisticky průkazný rozdíl v procentuálním zastoupení obsahu laktózy ($P < 0,05$). Byl zjištěn vliv zkrmování lněného oleje u skupiny KP1 v průběhu laktace na obsah bílkovin ($P < 0,05$) oproti kontrolní skupině koz.

Tab. 12: Průměrný obsah jednotlivých složek mléka u pokusných skupin koz.

Odběr	Skupina	Tuk (%)	Bílkovina (%)	Laktóza (%)	Sušina (%)
1.	KK	3,0	2,89	4,4	11,13
	KP1	2,91	2,84	4,45	11,05
	KP2	2,85	2,82	4,4	10,9

2.	KK	3,16	2,96	4,37	11,34
	KP1	3,06	2,94	4,5	11,36
	KP2	3,37	2,96	4,5	11,72
3.	KK	3,14	3,0	4,38	11,39
	KP1	3,25	2,99	4,47	11,6
	KP2	3,35	3,05	4,57	11,85
4.	KK	2,76	3,06	4,4	11,08
	KP1	2,93	3,02	4,45	11,26
	KP2	2,96	2,97	4,42	11,21

KP1- lněný extrudovaný šrot, KP2- lněný olej, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.



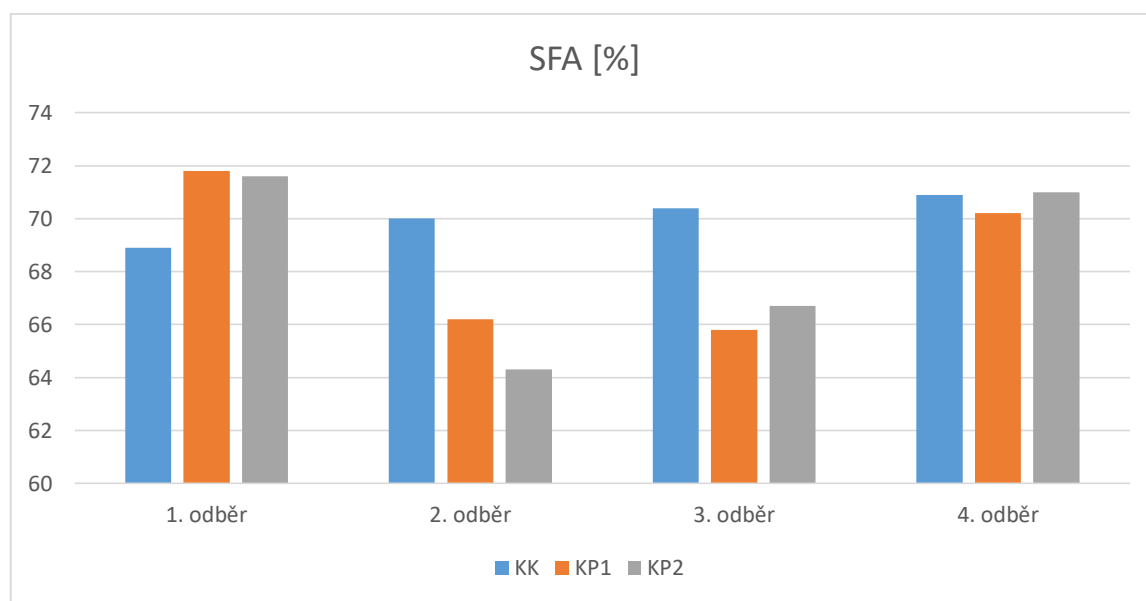
Graf 2: Průměrný obsah tuku v mléce (%) za sledované období.

KP1- lněný extrudovaný šrot, KP2- lněný olej, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

Veškeré procentuální zastoupení mastných kyselin námi sledovaného mléčného tuku tří pokusných skupin koz můžeme vidět v tab. 13 a 14. Nejvíce bylo v mléčném tuku koz obsaženo těchto kyselin: kaprinová (C10:0; 7,46- 9,76 %), myristová (C14:0; 8,36-10,67 %), palmitová (C16:0; 23,93-29,6 %), stearová (C18:0; 7,59- 11,49 %) a olejová (C18:1n-9c; 15,98-21 %). SFA znázorněny v grafu 3 zaujímají největší podíl (až 70 %) mastných kyselin v mléčném tuku koz. Nasycené mastné kyseliny s krátkým řetězcem vesměs nezaznamenaly statisticky významný rozdíl kromě kyseliny máselné (C4:0), kde se projevil vliv zkrmování lněného extrudovaného šrotu ($P < 0,05$; skupina KP2) v průběhu laktace. Tato kyselina byla v průběhu laktace (po začátku zkrmování aditiv) ve vyšším zastoupení u KP2 oproti KK. Další SFA kyselinou, která byla zvýšena oproti KK, byla kyselina pentanová (C5:0), kdy

pokusná skupina KP1 v porovnání s kontrolní skupinou KK zaznamenala statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$) a projevil se vliv zkrmování lněného oleje. Lněný olej v tomto případě zvýšil podíl C5:0 v porovnání s KK.

Při zkrmování lněného oleje je podíl kyseliny nonanové (C9:0) zvyšován ($P < 0,05$) v porovnání s KK nebo KP2. Stejný závěr byl vyhodnocen při zkrmování lněného oleje i lněného extrudovaného šrotu ($P < 0,05$) během laktace na zvýšení obsahu této kyseliny. Zvýšení zaznamenala také kyselina undekanová (C11:0) u KP1 oproti KK.



Graf 3: Průběh obsahu nasycených mastných kyselin (SFA) v mléčném tuku u jednotlivých pokusných skupin koz během pokusu (%).

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

U nasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem nebyl zaznamenán statisticky významný nárůst kromě kyseliny tridekanové (C13:0), u které byly zaznamenány vyšší hodnoty u KP1 ($P < 0,05$) v průběhu laktace než u KK, dále pak u kyseliny pentadekanové (C15:0) byly hodnoty statisticky průkazně vyšší ($P < 0,05$) oproti KK. Prokázalo se, že zkrmování lněného oleje u skupiny KP1 ($P < 0,05$) a lněného extrudovaného šrotu skupině KP2 ($P < 0,05$) snižuje obsah kyseliny pentadekanové C15:0.

Tab. 13: Zastoupení nasycených mastných kyselin (%) mléčného tuku o krátkém a středně dlouhém řetězci pokusných skupin koz ze 4 odběrů.

Skupina Odběr	Kontrolní skupina (KK)				Pokusná skupina (KP1)				Pokusná skupina (KP2)			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Mastné kyseliny	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
máselná (C4:0)	2,68	2,51	2,40	2,42	2,48	2,35	2,49	2,38	2,59	2,55	2,42	2,44
pentanová (C5:0)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
kapronová (C6:0)	2,61	2,63	2,67	2,57	2,57	2,66	2,63	2,53	2,74	2,48	2,58	2,51
heptanová (C7:0)	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
kaprylová (C8:0)	2,71	2,77	2,96	2,79	2,68	2,88	2,80	2,80	2,81	2,45	2,71	2,69
nonanová (C9:0)	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05	0,06	0,07
kaprinová (C10:0)	8,68	9,04	9,76	9,58	9,18	9,44	9,03	9,69	9,23	7,46	8,50	9,27
undekanová (C11:0)	0,23	0,29	0,32	0,32	0,26	0,32	0,30	0,35	0,26	0,23	0,28	0,31
laurová (C12:0)	3,40	3,72	3,98	4,04	3,82	3,73	3,59	4,26	3,44	2,78	3,30	3,93
tridekanová (C13:0)	0,10	0,12	0,13	0,15	0,12	0,15	0,14	0,16	0,11	0,09	0,11	0,14
(C14:0; R)	0,09	0,09	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,09	0,07	0,07	0,08
myristová (C14:0)	9,30	10,17	10,03	10,39	10,46	9,24	9,17	10,67	10,0	8,36	9,13	10,34
(C15:0; R)	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,14	0,17	0,17	0,19	0,16	0,18	0,18
myristolejová (C14:1)	0,10	0,14	0,14	0,16	0,12	0,12	0,13	0,17	0,11	0,09	0,11	0,14
pentadekanová (C15:0)	0,87	0,90	0,87	1,02	0,94	0,92	0,90	1,01	0,88	0,79	0,85	1,0
(C16:0; R)	0,32	0,33	0,26	0,29	0,31	0,28	0,27	0,29	0,33	0,28	0,28	0,30
cis-10-pentadecenová (C15:1)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
palmitová (C16:0)	27,07	27,40	26,75	28,16	28,94	24,52	23,93	27,29	29,68	24,08	24,15	28,57
(C16:1; T)	0,45	0,43	0,41	0,44	0,44	0,41	0,42	0,44	0,44	0,44	0,41	0,43
palmitolejová (C16:1)	0,63	0,65	0,58	0,65	0,60	0,50	0,50	0,66	0,61	0,51	0,49	0,62
heptadekanová (C17:0)	0,73	0,65	0,56	0,59	0,67	0,54	0,53	0,59	0,68	0,63	0,54	0,60
heptadecenová (C17:1)	0,38	0,33	0,27	0,30	0,32	0,22	0,22	0,32	0,32	0,27	0,21	0,30

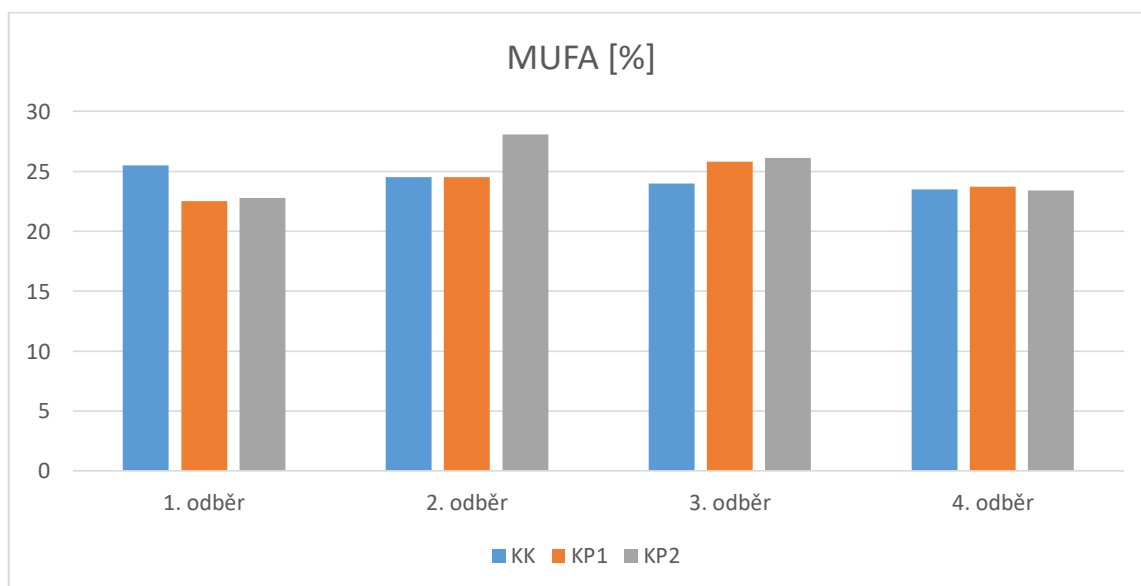
stearová (C18:0)	9,51	8,79	9,12	7,89	8,68	8,57	9,42	7,59	8,25	11,4 9	11,2 8	8,18
SUMA C18:1; T	1,70	1,69	2,16	1,93	1,71	4,74	5,20	2,01	1,57	4,30	3,79	1,94
olejová (C18:1n-9c)	21,0	20,1 1	19,1 8	18,7 4	18,1 6	15,9 8	16,9 2	18,7 8	18,6 4	20,2 7	19,1 0	18,6 9
SUMA C18:1; C	1,13	1,07	1,20	1,17	1,09	2,45	2,28	1,25	1,04	2,15	1,86	1,16
SUMA C18:2; T (linoelaidová, C18:2n-6t)	0,73	0,71	0,96	0,86	0,73	2,48	2,41	0,96	0,73	1,81	1,71	0,87
linolová (C18:2n-6c)	2,88	2,76	2,43	2,62	2,96	3,17	2,60	2,82	2,78	2,82	2,48	2,62
arachová (C20:0)	0,20	0,21	0,18	0,19	0,19	0,13	0,15	0,17	0,18	0,17	0,17	0,19
γ-linolenová (C18:3n-6)	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
eikosenová, gadolejová (C20:1)	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,12
α-linolenová (C18:3n-3)	1,19	1,08	1,13	1,10	1,21	2,47	2,05	1,19	1,19	1,94	1,89	1,11
CLA	0,43	0,51	0,60	0,64	0,44	0,82	1,04	0,63	0,42	0,67	0,75	0,60
cis-11,14-eikosadienová (C20:2)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,08	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04
behenová (C22:0)	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
cis-8,11,14-eikosatrienová (C20:3n-6)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
eruková (C22:1n9)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
cis-11,14,17-eikosatrienová (C20:3n-3)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
arachidonová (C20:4n-6)	0,15	0,14	0,12	0,13	0,13	0,11	0,09	0,12	0,14	0,11	0,10	0,13
cis-13,16-dokosadienová (C22:2)	0,01	0,0	0,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	0,01	0,01	0,01
lignocerová (C24:0)	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04
cis-5,8,11,14,17-eikosapentaenová (C20:5n-3)	0,09	0,09	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10

nervonová (C24:1)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
cis-4,7,10,13,16,19-dokosaenová (C22:6n-3)	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,07
SUMA c18:1; T	1,70	1,69	2,16	1,93	1,71	4,74	5,20	2,01	1,57	4,30	3,79	1,94
SUMA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

U kyseliny C16:1; T byl prokázán vliv zkrmování lněného extrudovaného šrotu ($P < 0,05$; skupina KP2) v průběhu laktace. Zároveň byl tento vliv ($P < 0,05$) potvrzen také u kyseliny heptadekanové (C17:0). Kyselina behenová (C22:0) se snížila po podání lněného oleje KP1 během laktace ($P < 0,05$) v porovnání s KK. Lignocerová kyselina (C24:0) zaznamenala statisticky průkazný vliv přidavku lněného oleje ($P < 0,05$) skupině KP1 na její snížení během laktace v porovnání se skupinou KK.

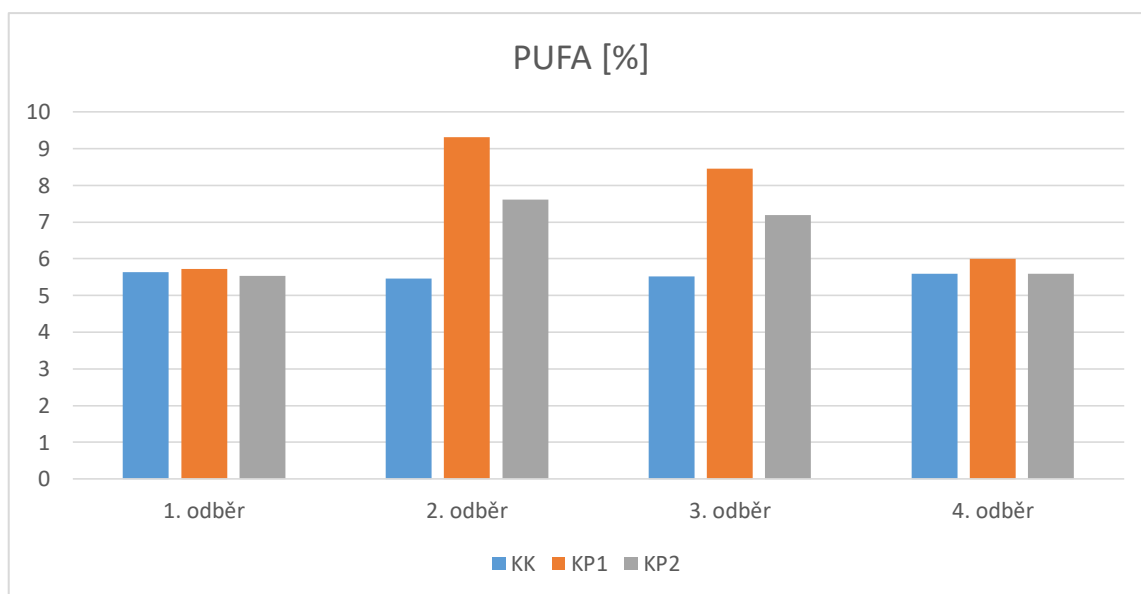
Z hlediska MUFA (tab. 14), které se řadí na druhé místo v podílu zastoupení mastných kyselin (graf 4) v mléčném tuku koz (22,5-28,1 %), se vliv zkrmování aditiv projevil na kyselině olejové (C18:1n-9). Kdy KP1 skupina ($P < 0,05$) měla nižší hodnoty oproti skupině kontrolní KK. U ostatních MUFA kyselin nedošlo k významné změně v obsahu.



Graf 4: Průběh obsahu mononenasycených mastných kyselin (MUFA) v mléčném tuku u jednotlivých skupin koz během pokusu (%).

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

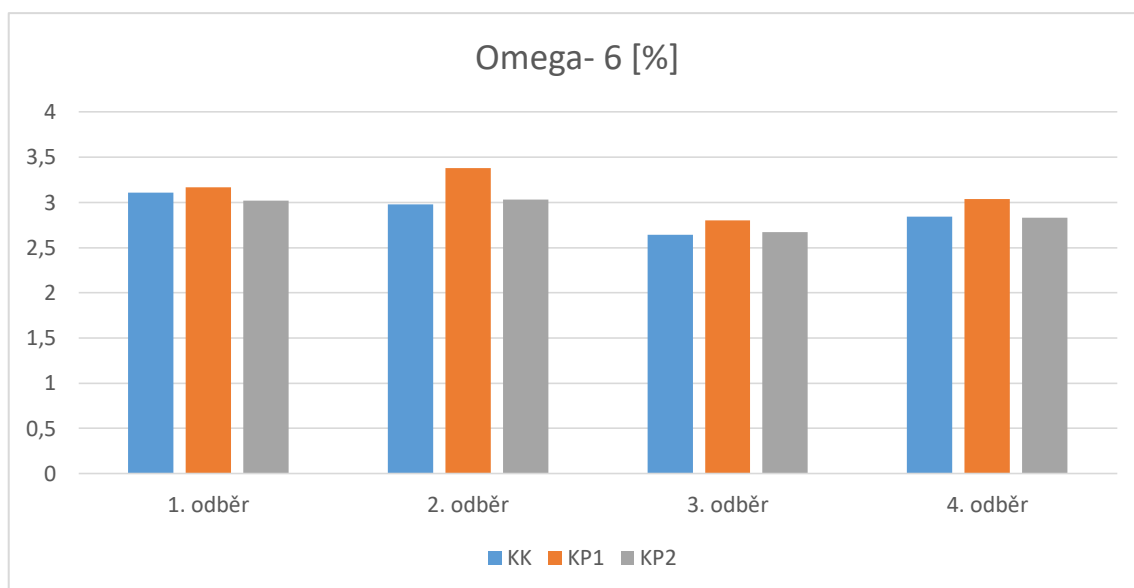
PUFA kyseliny (tab. 14) se vyskytovaly v kozí mléce v obsahu 5,46-9,31 %. Jejich procentické zastoupení je graficky vyjádřeno v grafu 5. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u pokusné skupiny KP1, kde po zkrmování lněného oleje došlo k razantnímu zvýšení (až 9,31 %) oproti skupině KK. Skupina KP2 zaznamenala také zvýšení obsahu této skupiny kyselin v porovnání s pokusnou skupinou KK. Zaznamenán byl statisticky významný rozdíl u dvou zástupců těchto kyselin. Lněný olej zkrmovaný KP1 ovlivnil ($P < 0,05$) snížení obsahu izomeru kyseliny *cis*-8,11,14- eikosatrienové (C20:3n-6) v porovnání s KK. Dále ovlivnilo zkrmování lněného oleje izomer kyselin *cis*-13,16- dokosadienové (C22:2), kdy došlo k prokazatelnému zvýšení ($P < 0,05$) této kyseliny u skupiny KP1 oproti skupině KK. U kyseliny linolové (C18:2n-6) bylo statisticky prokázáno ($P < 0,05$) zvýšení jejího obsahu po zkrmování lněného extrudovaného šrotu kozám skupiny KP2 oproti kozám zařazených do skupiny KK. Kyselina arachidonová (C22:4n-6) poklesla ($P < 0,05$) po přidavku lněného oleje KP1 během laktace oproti KK.



Graf 5: Průběh obsahu polynenasycených mastných kyselin (PUFA) v mléčném tuku jednotlivých pokusných skupin koz (%).

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

Skupina omega-6 mastných kyselin (tab. 14) byla zvýšena po přidavku lněného extrudovaného šrotu ($P < 0,05$) skupině KP2 během laktace, kdy skupina KK vykazovala nižší hodnoty. Procentuální množství těchto kyselin se pohybovalo v rozmezí 2,64-3,38 %. Nejvyšší hodnoty byly u pokusné skupiny KP1 (3,38 %). Grafické znázornění vývoje obsahu omega-6 mastných kyselin je vyjádřeno v grafu 6.



Graf 6: Průběh obsahu omega-6 mastných kyselin v mléčném tuku jednotlivých pokusných skupin koz (%).

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

Tab. 14: Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin (%) v mléčném tuku koz u tří pokusných skupin.

Skupina	Kontrolní skupina (KK)				Pokusná skupina (KP1)				Pokusná skupina (KP2)			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Odběr												
Skupina MK	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SFA	68,9	70,0	70,4	70,9	71,8	66,2	65,8	70,2	71,6	64,3	66,7	71,0
MUFA	25,5	24,5	24,0	23,5	22,5	24,5	25,8	23,7	22,8	28,1	26,1	23,4
PUFA	5,64	5,46	5,52	5,6	5,72	9,31	8,46	6,0	5,53	7,61	7,19	5,6
Omega-3	1,38	1,26	1,32	1,29	1,38	2,63	2,21	1,40	1,37	2,11	2,07	1,31
Omega-6	3,11	2,98	2,64	2,84	3,17	3,38	2,80	3,04	3,02	3,03	2,67	2,83
SUMA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

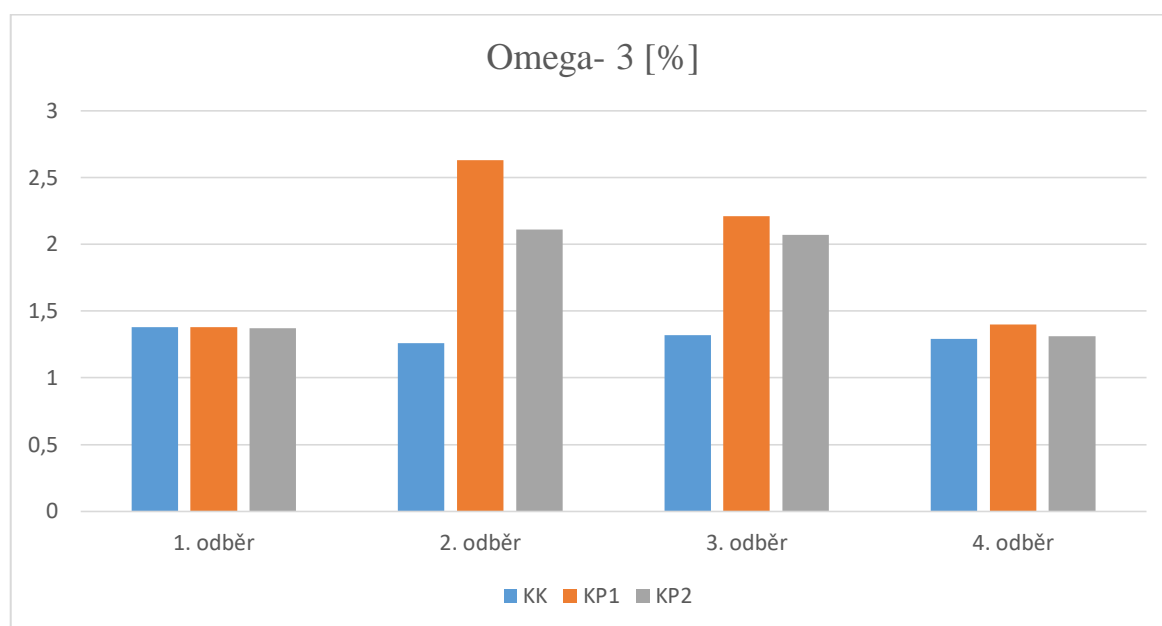
Skupina omega-3 mastných kyselin vykazovala nejnižší hodnoty ze všech skupin mastných kyselin mléčného tuku koz (tab. 14). Hodnoty se pohybovaly mezi 1,29-2,63 %. Nejvyšší hodnoty byly u pokusné skupiny KP1 (2,63 %). Ve 3. odběru můžeme u všech pokusných skupin vidět pokles s následným nárůstem do 4. odběru (graf 7).

Poměr n-6/n-3 vychází u jednotlivých skupin koz na základě odběrů odlišně (tab. 15).

Tab. 15: Poměry omega-6 a omega-3 mastných kyselin během pokusu.

Skupina	Kontrolní skupina (KK)	Pokusná skupina (KP1)	Pokusná skupina (KP2)
Odběr	n-6/n-3	n-6/n-3	n-6/n-3
1.	3,11/1,38	3,17/1,38	3,02/1,37
2.	2,98/1,26	3,38/2,63	3,03/2,11
3.	2,64/1,32	2,80/2,21	2,67/2,07
4.	2,84/1,29	3,04/1,40	2,83/1,31

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.



Graf 7: Průběh obsahu omega- 3 mastných kyselin v mléčném tuku jednotlivých pokusných skupin koz (%).

KP1- lněný olej, KP2- lněný extrudovaný šrot, KK- kontrolní skupina bez příkrmu aditiv.

6 Diskuze

Výsledky analýzy lněného semene (tab. 10) poukázaly na vysoký obsah kyseliny α -linolenové (55,8 %), linolové (17 %), olejové (15,7 %) a palmitové (6,5 %). Lněný extrudovaný šrot obsahuje vyšší podíl kyseliny linolové (19,1 %) a nižší podíl kyseliny α -linolenové (53,7 %) oproti lněnému oleji, který má nejvyšší podíl kyseliny α -linolenové (56,87 %). Z nasycených mastných kyselin má lněný olej nižší podíl kyseliny palmitové (5,73 %). Z mononenasycených mastných kyselin disponuje i nižším obsahem kyseliny olejové (15,6 %) a z PUFA obsahuje méně kyseliny linolové (16,6 %).

Doreau and Ferlay (2015) ve své studii zabývající se zkrmováním lněného semínka dojnému skotu a jeho vlivu na profil mastných kyselin mléka a snížení metanových emisí, uvádí kyselinu α -linolenovou za nejvíce zastoupenou ve lněném semínku, zároveň zaznamenali vysoký obsah omega-3 mastných kyselin v mléčném tuku. Podle jejich studie se vysoký obsah kyseliny α -linolenové projeví na změně profilu mastných kyselin mléka i přes její značnou biohydrogenaci v bacheru. Vysoký podíl omega-3 mastných kyselin ve lněném semeni je dán vyššími hodnotami kyseliny α -linolenové a ostatních mastných kyselin skupiny omega-3 (kyselina arachidonová, EPA, DHA). Z nasycených mastných kyselin byl zaznamenán nejvyšší podíl kyseliny palmitové (> 6 %) a stearové (> 3 %). Z MUFA byla nejvíce zastoupena kyselina olejová (> 15,5 %). K podobnému závěru došli i Suchý et al. (2008), kteří studovali kvalitativní a dietetické rozdíly mezi přadnými a olejnými odrůdami lněného semene, kdy přadné odrůdy vykazovaly kvalitativně i dieteticky lepší hodnoty oproti odrůdám olejným.

Odrůdy lnu setého obsahují různý podíl tuku (Glasser et al., 2008). Námi příkrmované lněné semeno obsahovalo 55,75 % tuku, což se shoduje s tvrzením, že lněná semena obsahují více jak 40 % tuku (Petit, 2010). Analýza lněného extrudovaného šrotu ukázala nižší podíl tuku (42,34 %) než je tomu u celého lněného semínka. Tato nižší hodnota tuku může být způsobena procesem extruze.

Výsledky zkrmování lněného semene v různých formách úpravy potvrzují jeho vliv na zvýšení obsahu tuku v kozím mléce (tab. 12). Byl prokázán vliv na tučnost mléka při zkrmování lněného oleje a lněného extrudovaného šrotu kozám. To je v souladu se studií Bernard et al. (2009), kteří zaznamenali nárůst množství mléčného tuku po zkrmování rostlinných olejů. Cenkvári et al. (2005) uvádí, že zkrmování lněného oleje zvýšilo mléčný tuk u koz po dvou týdenním zkrmování lipidových doplňků z 3,77 % tuku u kontrolní skupiny na 4,72 % tuku u pokusné skupiny. Podle Glasser et al. (2008) je často zaznamenán pokles

tuku v mléce při zkrmování lněného oleje. V této studii se zvýšil podíl mléčného tuku z 2,9 % na 3,3 %.

Přídavek lněného semene, jakožto lipidového doplňku do krmné dávky, má prokazatelný a pozitivní vliv na složení mléčného tuku koz, což potvrdili i Doreau and Ferlay (2015) u skotu, Nudda et al. (2006) a Jóźwik et al. (2010) u koz, Bernard et al. (2009) a Chilliard and Ferlay (2004) u skotu a koz. Lněné semeno lze předkládat zvířatům v různých formách úpravy, nejčastěji se zkrmuje lněný olej a lněný extrudovaný šrot. Námi zkrmovaný lněný olej a lněný extrudovaný šrot nebyly chráněny formou *by-pass* lipidu. Doreau et al. (2011) a Chilliard and Ferlay (2004) považují ochranu tuků pomocí formaldehydu, který chrání mastné kyseliny z krmné dávky před bachorovou biohydrogenací, za velice efektivní, ale finančně náročnou metodu.

V této studii bylo statisticky prokázáno snížení kyseliny máselné v mléčném tuku koz po příkrmování lněného oleje i lněného extrudovaného šrotu. Jóźwik et al. (2010) a Bernard et al. (2009) došli ve své studii k opačnému závěru, kde tvrdí, že rostlinné oleje zvyšují obsah kyseliny máselné a snižují obsah kyseliny kaprylové (C8:0). V této práci byla kyselina kaprylová snížena lněným extrudovaným šrotem. Lněný olej tuto kyselinu naopak zvýšil.

Park et al. (2007) uvádí množství matných kyselin s krátkým a středně dlouhým řetězcem u koz v pořadí kyselina kapronová C6:0 (2,4 %), kaprylová C8:0 (2,7 %), kaprinová C10:0 (10,0 %) a laurová C12:0 (5,0 %). V této studii bylo množství těchto kyselin velmi podobné, ale kyselina kaprinová (8-9 %) a laurová (3-4 %) vykazovaly nižší hodnoty.

Nudda et al. (2006) studovali efekt zkrmování lněných pokrutin dojným kozám na složení mastných kyselin mléka, kdy došli k závěru, že lněné pokrutiny neovlivňují koncentraci kyseliny kapronové C6:0, heptanové C7:0, kaprylové C8:0, nonanové C9:0, kaprinové C10:0, undekanové C11:0 a laurové C12:0 v mléčném tuku. To je ve shodě s našimi výsledky, kromě kyseliny nonanové (C9:0), kde byl zaznamenán nárůst při zkrmování lněného extrudovaného šrotu i lněného oleje v porovnání s kontrolní skupinou. Bernard et al. (2009) ve své studii uvádí snížení obsahu kyseliny nonanové v mléčném tuku po příkrmování rostlinných olejů kozám krmených lučním senem nebo kukuřičnou siláží. Lněný olej ovlivnil také zvýšení kyseliny undekanové C11:0. Bernard et al. (2009) zaznamenali pokles obsahu C10:0 až C16:0 a mastných kyselin s lichým a rozvětveným řetězcem po zkrmování rostlinných olejů dojným kozám. Tento názor je v souladu s výsledky této studie. Chilliard and Ferlay (2004) ve své studii zabývající se vlivem interakcí lipidů diety a použité píce v krmné dávce pro kozy a dojnice uvádí, že potenciální snížení nasycených mastných kyselin se středně dlouhým řetězcem (C10:0 až C16:0) je možné

pomocí lněného oleje, po jehož aplikaci do krmné dávky dochází ke snížení SFA z 59 % na 38 %. Současně tvrdí, že se koncentrace nasycených mastných kyselin s krátkým řetězcem většinou nezmění nebo pouze slabě redukuje svůj obsah v mléčném tuku i po zvýšení přídatku lipidového doplňku do krmné dávky. Tuto skutečnost vysvětlují tím, že tyto kyseliny (C4:0 až C8:0) jsou z části syntetizovány metabolickými cestami organismu. Jóźwik et al. (2010) zaznamenali při příkrmování lněných pokrutin prokazatelný pokles nežádoucích nasycených mastných kyselin (C12:0 až C16:0). Ke stejnému závěru došli i Nudda et al. (2006), kteří zaznamenali pokles koncentrace kyseliny myristové (C14:0) a hexadekanové (C16:0) se zvyšujícím se přídatkem lněných pokrutin do krmné dávky koz. Zároveň lněné pokrutiny zvyšovaly obsah kyseliny vakcenové *trans*-11 C18:1 a kyseliny bachorové (*cis*-9, *trans*-11 CLA). Jóźwik et al. (2010) došli k závěru, že zkrmování lněných pokrutin zvyšuje obsah C16:0 v mléčném tuku koz. Z výsledků nevyplývá vliv lněného extrudovaného šrotu ani lněného oleje na změnu koncentrace kyseliny myristové, hexadekanové ani vakcenové. Bachorová kyselina nebyla v práci sledována. Lerch et al. (2012) a Brown et al. (2008) vysvětlují snížení koncentrace mastných kyselin o krátkém a středně dlouhém řetězci při zkrmování lněného oleje sníženou *de novo* syntézou mastných kyselin o krátkém a středně dlouhém řetězci.

Podle Piperova et al. (2004) představuje bachorová kyselina jeden z hlavních isomerů CLA v mléčném tuku krav (75-85 %). *Cis*-9, *trans*-11 CLA je považována za látku s anti-karcinogenními účinky. Z tohoto důvodu je na místě zájem o její vyšší obsah v mléčném tuku koz. Dhiman et al. (2000) ve své studii zabývající se efektem zkrmování lipidových doplňků bohatých na obsah kyseliny linolové a linolenové dojnicím, potvrdili efekt přídatku rostlinných olejů a semen olejnin jako je slunečnicový, sojový, arašídový a lněný, které mají vliv na zvýšení produkce mléka s vysokým podílem kyseliny vakcenové a CLA. Tato studie zaznamenala markantní nárůst celkového obsahu kyseliny vakcenové a CLA. Konjugovaná kyselina linolová byla zvýšena z 0,44 % až na 1,04 % ve 3. odběru po přídatku lněného oleje do krmné dávky kozám. Mírný vzestup zaznamenala i skupina příkrmovaná lněným extrudovaným šrotem (z 0,42 % na 0,67 %). Nárůst obsahu CLA v mléčném tuku koz zaznamenali i Bernard et al. (2009), Jóźwik et al. (2010) a Chilliard et al. (2003), kteří příkrmovali kozám lněným a slunečnicový olej. Zároveň Chilliard et al. (2003) zjistili, že zkrmování celých semen olejnin nevykazuje stejně velký efekt jako lněný nebo slunečnicový olej. Dhiman et al. (2000) potvrzují pozitivní vliv lněného extrudovaného semene na koncentraci kyseliny vakcenové a CLA v mléčném tuku dojnic v porovnání s celými semeny olejnin. Chouinard et al. (1998) zabývající se ve své studii profilem mastných kyselin

mléčného tuku dojnic po zkrmování vápenatých solí prokázali, že zkrmování tepelně upravených olejnatých semen zvyšuje obsah CLA v mléce ve vyšší míře než zkrmování neupravených semen olejnin.

Chilliard et al. (2002) ve své studii sledující *trans* a konjugované mastné kyseliny v mléce dojnic a koz uvádí stejné hodnoty obsahu CLA v kozím mléce (0,4-0,9 %) u zvířat krmených konvenční zimní krmnou dávkou, zároveň dodávají, že jsou to hodnoty velmi podobné hodnotám kravského mléka. Tyto hodnoty vzrostou až nad 3,2 % při podávání lipidových doplňků za současného zkrmování zimní krmné dávky (Chilliard et al., 2002; Chilliard et al., 2003). Bernard et al. (2009) zaznamenali zvýšení obsahu CLA a bachorové kyseliny po zkrmování rostlinných olejů kozám, které měly základní krmnou dávku založenou na travním seně. Suksombat et al. (2016) uvádí nárůst obsahu CLA z 0,68 % u kontrolní skupiny na 2,53 % u pokusné skupiny příkrmované lipidovými doplňky. Další analýzy mléka prokázaly zvýšení kyseliny linolenové o 134 %, *cis*-9, *trans*-11 CLA o 272 % a *trans* 9 C18:1 o 267 % u pokusné skupiny dojnic.

Nudda et al. (2006) zaznamenali vliv lněných pokrutin na zvýšení obsahu kyseliny stearové, *cis*-9 C18:0 a kyseliny α -linolenové (C18:3n-3). Tato práce nepotvrdila zvýšení kyseliny stearové, ale zaznamenala na rozdíl od předchozí studie, pokles kyseliny olejové po přidání lněného oleje. Lněný extrudovaný šrot tuto kyselinu mírně navýšil. Oproti tomu lněný olej zásadně zvyšuje obsah kyseliny α -linolenové (> 50 %), což se shoduje se studií Chilliard et al. (2002), a menší vliv na zvýšení této kyseliny má zkrmování lněného extrudovaného šrotu. Tyto výsledky však nebyly potvrzeny statistickou analýzou. Doplněk lněného oleje do krmné dávky podle Suksombat et al. (2016) výrazně zvyšuje obsah kyseliny linolenové C18:3n-3 (1,24 %) v porovnání s kontrolní skupinou bez lipidového přídatku, kde C18:3n-3 zaujímala pouze 0,53 % z celkového obsahu mastných kyselin mléka. V této práci byl obsah kyseliny α -linolenové až 2,47 % u skupiny, které byl příkrmován lněný olej. U kontrolní skupiny byl obsah této kyseliny kolem 1,15 %.

Obsah kyseliny linolové se pohybovaly v rozmezí 2,5-3 % v mléčném tuku koz. K podobnému závěru došli Chilliard and Ferlay (2004), kteří uvádí hodnoty v rozmezí 2-3 %. Podle jejich studie snižuje přidavek lněného oleje obohaceného o kyselinu linolenovou do krmné dávky koncentraci kyseliny linolové. Je to pravděpodobně z důvodu zvýšení obsahu kyseliny linolenové. Podobný jev zaznamenali po přidání slunečnicového oleje obohaceného o kyselinu linolovou do krmné dávky. Současně potvrdili, že lněný olej je účinnější na změnu profilu mastných kyselin za současného zkrmování vysoce koncentrované diety oproti dietě založené na seně.

V našem případě bylo kozám zkrmováno 250 g lněného extrudovaného šrotu. Chilliard and Ferlay (2004) považují lněný extrudovaný šrot za mnohem účinnější ve zvýšení obsahu kyseliny linolenové než je tomu u lněného oleje. Současně podporují ochranu lněného oleje i lněného extrudovaného šrotu enkapsulací pomocí formaldehydu. Tato metoda je na české poměry drahá a neperspektivní. I toto může být jeden z důvodů, proč se námi sledované změny profilu mastných kyselin mléčného tuku koz neprojeví tak výrazně. Zkrmování *bypass* lipidů může mít vyšší vliv na změnu profilu mastných kyselin mléčného tuku.

Obsah kyseliny eikosapentaenové (C20:5n-3) a kyseliny dokosahexaenové (C22:6n-3) byl extrémně malý. Ke stejnému závěru došli Nudda et al. (2006). Podle nich je tento nízký obsah zcela typický pro mléko přežvýkavců. Podle Chikunga et al. (2004) to lze z části vysvětlit velkým rozsahem biohydrogenace těchto kyselin v bachoru a z části to lze připisovat nižší elongaci a desaturaci kyselin s 18 a 20 uhlíky v mléčné žláze přežvýkavců (Gulati et al., 2003). Bernard et al. (2009) prováděli experiment, kdy kozám zkrmovali lněný olej k základní krmné dávce založené na travním seně a zjistili, že tato kombinace má pozitivní vliv na koncentraci C20:5n-3. Zároveň uvádí, že lněný olej snižuje obsah C18:2n-6, což je v rozporu s výsledky této práce. Leray (2015) uvádí, že doplněk lněného oleje prokazatelně zvyšuje pozitivní mastné kyseliny v mléce jako je kyselina linolenová C18:3n-3, *cis*-9, *trans*-11 CLA, EPA a DHA. Suksombat et al. (2016) došli k podobnému závěru, kdy se zlepšila koncentrace EPA, DHA a n-3 mastných kyselin v mléce. Množství nasycených mastných kyselin pokleslo oproti nárůstu nenasycených mastných kyselin. Poměr n-6/n-3 se snížil.

Skupina MUFA zaznamenala v našem pokusu statisticky průkazný nárůst svého obsahu po přikrmování lněného extrudovaného šrotu. Ke stejnému závěru došli Józwick et al. (2010) při zkrmování lněných pokrutin kozám.

Pozitivní může být také zjištění, že lněný olej dle studie Chilliard and Ferlay (2004) snižuje „kozí“ chuť mléka nebo kozích sýrů.

7 Závěr

Zkrmování lněného semene nebo lněného oleje má prokazatelný vliv na skladbu mléčného tuku koz. Na základě výsledků lze potvrdit, že zkrmování lněného semene zvyšuje obsah tuku a podíl omega-3 a omega-6 mastných kyselin v mléčném tuku koz. Je ovšem nutné zdůraznit několik skutečností:

- 1) je efektivnější používat tukové doplňky ve formě *by-pass* lipidů,
- 2) zkrmování lněného oleje je ekonomicky náročnější než zkrmování lněného extrudovaného šrotu,
- 3) efektivnější je zkrmování předných odrůd lněného semene, které mají vyšší podíl omega-3 mastných kyselin a lepší dietetické vlastnosti,
- 4) je nutné eliminovat nepříznivé faktory, které ovlivňují skladbu mléčného tuku (nemoci, stres, nevyvážená krmná dávka, nekvalitní krmení, náhlé změny krmné dávky atd.),
- 5) je nutné zajistit správné složení krmné dávky s ohledem na interakce mezi jednotlivými druhy krmiv.

8 Seznam literatury

Akram, F., Nicot, M. C., Weill, P., Enjalbert, F. 2006. Effects of preconditioning and extrusion of linseed on the ruminal biohydrogenation of fatty acids. 1. In vivo studies. *Animal Research*. 55. 83- 91.

Akram, F., Nicot, M. C., Juaneda, P., Enjalbert, F. 2007. Conjugated linolenic acid (CLA), conjugated linoleic acid (CLA) and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk fat of cows fed raw or extruded linseed. *Animal*. 1 (6). 835- 843.

Andrade, P. V. D., Schmidely, P. 2006. Effect of duodenal infusion of trans 10, cis 12-CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. *Reproduction and Nutrition Development*. 46 (1). 31- 48.

Aschaffenburg, R., Dance, J. E. 1968. Detection of cow's milk in goat's milk by gel electrophoresis. *Journal of Dairy Research*. 35 (3). 383- 384.

Bauman, D. E., Griinari, J. M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*. 70 (1-2). 15- 29.

Bauman, D. E., Griinari, J. M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*. 23. 203- 227.

Bernard, L., Leroux, C., Chilliard, Y. 2007. Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland. *Bioactive Components of Milk*. 606. 67- 108.

Bernard, L., Shingfield, K. J., Rouel, J., Ferlay, A., Chilliard, Y. 2009. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *British Journal of Nutrition*. 101. 213- 224.

- Bhatt, R. S., Soren, N. M., Tripathi, M. K., Karim, S. A. 2011. Effects of different levels of coconut oil supplementation on performance, digestibility, rumen fermentation and carcass traits of Malpura lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 164 (1-2). 29- 37.
- Bickerstaffe, R., Noakes, D. E., Annison, E. F. 1972. Quantitative aspects of fatty acid biohydrogenation, absorption and transfer into milk fat in the lactating goat, with special reference to the *cis*- and *trans*- isomers of octadecenoate and linoleate. *Biochemistry Journal*. 130 (2). 607- 617.
- Blasi, F., Montesano, D., De Angelis, M., Maurizi, A. 2008. Results of stereospecific analysis of triacylglycerol fraction from donkey, cow, ewe, goat and buffalo milk. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21 (1). 1- 7.
- Brown, W., AbuGhazaleh, A. A., Ibrahim, S. A. 2008. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil and linseed oil supplementation of grazing dairy cows. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 21. 663- 670.
- Bu, D. P., Wang, J. Q., Dhiman, T. R., Liu, S. J. 2007. Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90 (2). 998- 1007.
- Bucek, P., Kvapilík, J., Kölbl, M., Milerski, M., Pindřák, A., Mareš, V., Konrád, R., Roubalová, M., Škaryd, V., Dianová, M., Krupová, Z., Krupa, E., Michaličková, M. 2015. Ročenka chovu ovcí a koz v České republice za rok 2014. Českomoravská společnost chovatelů, a. s. Praha. p. 96.
- Carroll, S. M., DePeters, E. J., Rosenberg, M. 2006. Efficacy of a novel whey protein gel complex to increase the unsaturated fatty acid composition of bovine milk fat. *Journal of Dairy Science*. 89 (2). 640- 650.
- Caroprese, M., Marzano, A., Marino, R., Gliatta, G., Muscio, A., Sevi, A. 2010. Flaxseed supplementation improves fatty acid profile of cow milk. *Journal of Dairy Science*. 93 (6). 2580- 2588.

- Cenkvári, É., Fekete, S., Fébel, H., Veresegyházi, T., Andrásosfzky, E. 2005. Investigations of the effects of Ca-soap of linseed oil on rumen fermentation in sheep and on milk composition of goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 89 (3-6). 172-178.
- Collins, R. A. 1962. Goat's milk anemia in retrospect. *American Journal of Clinical Nutrition*. 11 (2). 169- 175.
- Devillard, E., McIntosh, F. M., Newbold, C. J., Wallace, R. J. 2006. Rumen ciliate protozoa contain high concentrations of conjugated linoleic acids and vaccenic acid, yet do not hydrogenate linoleic acid or desaturate stearic acid. *The British Journal of Nutrition*. 96. 697-704.
- Dhiman, T. R., Satter, L. D., Pariza, M. W., Galli, M. P., Albright, K., Tolosa, M. X. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *Journal of Dairy Science*. 83 (5). 1016- 1027.
- Dirandeh, E., Towhidi, A., Zeinoaldini, S., Ganjkhanlou, M., Ansari Pirsaraei, Z., Fouladi-Nashta, A. 2013. Effects of different polyunsaturated fatty acid supplementations during the postpartum periods of early lactating dairy cows on milk yield, metabolic responses, and reproductive performances. *Journal of Animal Science*. 91 (2). 713- 721.
- Doreau, M., Ferlay, A. 1994. Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 45 (3-4). 379- 396.
- Doreau, M., Laverroux, S., Normand, J., Chesneau, G., Glasser, F. 2009. Effect of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on fatty acid rumen metabolism and intestinal digestibility in cows. *Lipids*. 44 (1). 53- 62.
- Doreau, M., Bauchart, D., Chilliard, Y. 2011. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Animal Production Science*. 51 (1). 19-29.
- Doreau, M., Ferlay, A. 2015. Linseed: a valuable feedstuff for ruminants. *Oilseeds and fats Crops and Lipids*. 22 (6). 1- 9.

Enjalbert, F., Eynard, P., Nicot, M. C., Troegeler- Meynadier, A., Bayourthe, C., Moncoulon, R. 2003. In vitro versus in situ ruminal biohydrogenation of unsaturated fatty acids from a raw or extruded mixture of ground canola seed/canola meal. *Journal of Dairy Science*. 86 (1). 351- 359.

Fantová, M., Fleischer, P., Kacerovská, L., Malá, G., Mátlová, V., Nohejlová, L., Skřivánek, M., Šlosárková, S. 2015. *Chov koz*. Brázda, s. r. o. Praha. p. 232. ISBN: 9788020904102.

Fekadu, B., Soryal, K., Zeng, S., Van Hekken, D., Bah, B., Villaquiran, M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. *Small Ruminant Research*. 59 (1). 55- 63.

Feng, D., Shen, Y., Chavez, E. R. 2003. Effectiveness of different processing methods in reducing hydrogen cyanide content of flaxseed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83 (8). 836- 841.

Ferlay, A., Doreau, M., Martin, C., Chilliard, Y. 2013. Effects of incremental amounts of extruded linseed on milk fatty acid composition of dairy cows receiving hay or corn silage. *Journal of Dairy Science*. 96 (10). 6577- 6595.

Ferlay, A., Chabrot, J., Elmeddah, Y., Doreau, M. 1993. Ruminal lipid balance and intestinal digestion by dairy cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty acids or rapeseed oil. *Journal of Animal Science*. 71 (8). 2237- 2245.

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., Ó Mahony, J. A. 2015. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer International Publishing. Švýcarsko. p. 584. ISBN: 9783319148915.

Franklin, S. T., Martin, K. R., Baer, R. J., Schingoethe, D. J., Hippen, A. R. 1999. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, dokosaheptaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. *The Journal of Nutrition*. 129 (11). 2048- 2052.

- Gebauer, S. K., Psota, T. L., Harris, W. S., Kris-Etherton, P. M. 2006. n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 83 (6). 1526- 1535.
- Glasser, F., Doreau, M., Ferlay, A., Looor, J. J., Chilliard, Y. 2007. Milk fatty acids: Mammary synthesis could limit transfer from duodenum in cows. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109 (8). 817- 827.
- Glasser, F., Ferlay, A., Chilliard, Y. 2008. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 91 (12). 4687- 4703.
- Gonthier, C., Mustafa, A. F., Berthiaume, R., Petit, H. V., Martineau, R., Ouellet, D. R. 2004. Effects of feeding micronized and extruded flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87 (6). 1854- 1863.
- Goodridge, J., Ingalls, J. R., Crow, G. H. 2001. Transfer of omega-3 linolenic acid and linoleic acid to milk fat from flaxseed or canola protected with formaldehyde. *Canadian Journal of Animal Science*. 81. 525- 532.
- Griinari, M. K., Bauman, D. E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in CLA Research*. 1 (1). 180- 200.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., Bauman, D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ -9 desaturase. *Journal of Nutrition*. 130 (9). 2285- 2291.
- Gulati, S. K., McGrath, S., Wynn, P. C., Scott, T. W. 2003. Preliminary results on the relative incorporation of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids into cows milk from two types of rumen-protected fish oil. *International Dairy Journal*. 13 (5). 339- 343.
- Haenlein, G. F. W. 1993. Producing quality goat milk. *Journal of Animal Science*. 8. 79- 84.
- Haenlein, G. F. W. 2001. The nutritional value of sheep milk. *International Journal of Animal Science*. 16. 253- 268.

- Hansen, H. O., Tornehave, D., Knudsen, J. 1986. Synthesis of milk specific fatty acids and proteins by dispersed goat mammary-gland epithelial cells. *Biochemistry Journal*. 238 (1). 167- 172.
- Haug, A., Høstmark, A. T., Harstad, O. M. 2007. Bovine milk in human nutrition- a review. *Lipids in Health and Disease*. 6. 1- 16.
- Chikunya, S., Demirel, G., Enser, M., Wood, J. D., Wilkinson, R. G., Sinclair, L. A. 2004. Biohydrogenation of dietary n-3 PUFA and stability of ingested vitamin E in the rumen, and their effects on microbial activity in sheep. *British Journal of Nutrition*. 91. 539- 550.
- Chilliard, Y., Gagliostro, G., Flechet, J., Lefaivre, J., Sebastian, I. 1991. Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows. 5. Milk fatty acids and adipose tissue lipogenic activities. *Journal of Dairy Science*. 74 (6). 1844- 1854.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M., Doreau, M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: Nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie*. 49 (3). 181- 205.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Loor, J., Rouel, J., Martin, B. 2002. Trans and conjugated fatty acids in milk from cows and goats consuming pasture or receiving vegetable oils and seeds. *Italian Journal of Animal Science*. 1 (4). 243- 254.
- 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 (5). 1751- 1770.
- Chilliard, Y., Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction and Nutrition Development*. 44 (5). 467- 492.
- Chilliard, Y., Rouel, J., Ferlay, A., Bernard, L., Gaborit, P., Raynal-Ljutovac, K., Lauret, A. 2005. Effects of type of forage and lipid supplementation on goat milk fatty acids and

sensorial properties of cheeses. In: International Dairy Federation (Ed.). Special Issue 0501. The Future of the Sheep and Goat Dairy Sectors. International Dairy Federation. p. 297- 311.

Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109 (8). 828- 855.

Chilliard, Y., Martin, C., Rouel, J., Doreau, M. 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed or linseed oil, and their relationship with methane output. *Journal of Dairy Science*. 92 (10). 5199- 5211.

Chouinard, P. Y., Lévesque, J., Girard, V., Brisson, J. 1997. Dietary soybeans extruded at different temperatures: milk composition and in situ fatty acid reactions. *Journal of Dairy Science*. 80 (11). 2913- 2925.

Chouinard, P. Y., Girard, V., Brisson, G. J. 1998. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. *Journal of Dairy Science*. 81 (2). 471- 481.

Chouinard, P. Y., Corneau, L., Butter, W. R., Bauman, D. E., Chilliard, Y., Drackley, J. K. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *Journal of Dairy Science*. 84 (3). 680- 690.

Jahreis, G., Fritche, J., Kraft, J. 1999. Species dependent, seasonal, and dietary variation of conjugated linoleic acid in milk. *Advances in CLA Research*. 1. 215- 225.

Jandal, J. M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 22 (2). 177- 185.

Jenkins, T. C., Bridges, W. C. 2007. Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation in cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109 (8). 778- 789.

Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., Mosley, E. E. 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*. 86 (2). 397- 412.

Jensen, R. G. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*. 85 (2). 295- 350.

Jensen, R. G., Ferris, A. M., Lammi-Keefe, C. J. 1991. The composition of milk fat. *Journal of Dairy Science*. 74 (9). 3228- 3243.

Jenness, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk: Review 1968- 1979. *Journal of Dairy Science*. 63 (10). 1605- 1630.

Joyce, T., Wallace, A. J., McCarthy, S. N., Gibney, M. J. 2009. Intakes of total fat, saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in Irish children, teenagers and adults. *Public Health Nutrition*. 12 (2). 156- 165.

Jóźwik, A., Strzalkowska, N., Bagnicka, E., Łagodziński, Z., Pyzel, B., Chyliński, W., Czajkowska, A., Grzybek, W., Słoniewska, D., Krzyżewski, J., Horbańczuk, J. O. 2010. The effect of feeding linseed cake on milk yield and milk fatty acid profile in goats. *Animal Science Papers and Reports*. 28 (3). 245- 251.

Králíčková, Š., Kuchtík, J. 2012. Evaluation of the content of the basic milk components of brown short-haired goat during the lactation period. *MendelNet*. 1-7.

Kudrna, V., Homolka, P., Burdych, J. 2008. Ovlivňování množství a kvality mléčného tuku výživou dojníc. *Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves*. p. 19. ISBN: 9788074030079.

Lee, K. W., Lee, H. J., Cho, H. Y., Kim, Y. J. 2005. Role of the conjugated linoleic acid in the prevention of cancer. *Critical Review of Food Science and Nutrition*. 45 (2). 135- 144.

- Lee, M. R. F., Winters, A. L., Scollan, N. D., Dewhurst, R. J., Theodorou, M. K., Minchin, F. R. 2004. Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 84 (13). 1639- 1645.
- Leray, C. 2015. *Lipid: Nutrition and Health*. CRC Press. Florida. USA. p. 307. ISBN: 9781482242324.
- Lerch, S., Ferlay, A., Pomiès, D., Martin, B., Pires, J. A. A., Chilliard, Y. 2012. Rapeseed or linseed supplements in grass-based diets: Effect on dairy performance of Holstein cows over 2 consecutive lactations. *Journal of Dairy Science*. 95 (12). 1956- 1970.
- Lock, A. L., Harvatine, K. J., Drackley, J. K., Bauman, D. E. 2006. Concepts in fat and fatty acids digestion in ruminants In: *Proc. 8th Intermountain Nutrition Conference*. Salt Lake City. UT. p. 85- 100.
- Loor, J. J., Ferlay, A., Ollier, A., Doreau, M., Chilliard, Y. 2005. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 88 (2). 726- 740.
- Loor, J. J., Ueda, K., Ferlay, A., Chilliard, Y., Doreau, M. 2004. Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage:concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87 (8). 2472- 2485.
- Luna, P., Bach, A., Juárez, M., Fuente, M. A. 2008. Influence of diets rich in flax seed and sunflower oil on the fatty acid composition of ewes' milk fat especially on the level of conjugated linoleic acid, n-3 and n-6 fatty acids. *International Dairy Journal*. 18 (1). 99- 107.
- Macek, A., Samková, E., Hanuš, O., Špička, J., Sojková, K., Kopecký, J. 2010. Mastné kyseliny v mléčném tuku a jejich hodnocení ve vztahu k ostatním ukazatelům kvality mléka. *Mlékařské listy*. 121. 26- 31.
- Maraval, B., Vignon, B. 1982. Mineral composition of goats milk in early lactation. *Milchwissenschaft*. 37. 464- 466.

- Martin, C., Rouel, J., Jouany, J. P., Doreau, M., Chilliard, Y. 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science*. 86 (10). 2642- 2650.
- McDonald, I. W., Scott, T. W. 1977. Foods of ruminant origin with elevated content of polyunsaturated fatty acids. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 26. 144- 207.
- McNamee, B. F., Fearon, A. M., Pearce, J. 2002. Effect of feeding oilseed supplements to dairy cows on ruminal and milk fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82 (7). 677- 684.
- Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D., Katan, M. B. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 77 (5). 1146- 1155.
- Messaro, M., Basta, G., Lazzerini, G., Carluccio, M. A. 2002. Quenching of intracellular ROS generation as a mechanism for oleate-induced reduction of endothelial activation and early atherogenesis. *Journal of Trombosis and Haemostasis*. 88 (2). 335- 344.
- Mills, S., Ross, R. P., Hill, C., Fitzgerald, G. F., Stanton, C. 2011. Milk intelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *International Dairy Journal*. 21 (6). 377- 401.
- Mir, Z., Goonewardene, L. A., Okine, E., Jaegar, S., Scheer, H. D. 1999. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research*. 33 (2). 137- 143.
- Moate, P. J., Chalupa, W., Boston, R. C., Lean, I. J. 2007. Milk fatty acids: Variation in the concentration of individual fatty acids in bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 90 (10). 4730- 4739.

- Mora-Gutierrez, A., Kumosinski, T. F., Farrell, H. M. 1991. Quantification of α_{s1} -kasein in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds using reverse-phase high performance liquid chromatography. *Journal of Dairy Science*. 74 (10). 3303-3307.
- Mustafa, A. F., Chouinard, P. Y., Christensen, D. A. 2003. Effects of feeding micronised flaxseed on yield and composition of milk from Holstein cows. *Journal Science of Food Agriculture*. 83 (9). 920- 926.
- Noakes, M., Nstel, P. J., Clifton, P. M. 1996. Modifying the fatty acid profile of dairy products through feedlot technology lowers plasma cholesterol of humans consuming the products. *American Journal of Clinical Nutrition*. 63. 42- 46.
- Normand, J., Bastien, D., Bauchart, D., Chaigneau, F., Chesneau, G., Doreau, M., Quinsac, A. 2005. Production of beef enriched in n-3 PUFA by given linseeds to the animals: different ways for providing linseeds in diets and consequences on beef quality. *Renc Rech Ruminants*. 12. 359-366.
- Nudda, A., Battacone, G., Usai, M. G., Fancellu, S., Pulina, G. 2006. Supplementation with extruded linseed cake affects concentrations of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in goat milk. *Journal of Dairy Science*. 89 (1). 277- 282.
- Pabst, K. 1990. Verbesserung der Streichfähigkeit von Winterbutter durch Verfütterung von geschütztem Fett. *Science and Technology*. 92. 577- 582.
- Palmquist, D. L., Lock, A. L., Shingfield, K. J., Bauman, D. E. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in Food and Nutrition Research*. 50. 179- 217.
- Park, Y. W. 1994. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Research*. 14 (2). 151- 161.
- Park, Y. W. 2006. Goat milk- chemistry and nutrition. In: Park, Y. W., Haenlein, G. F. W. (Eds.). *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals*. Blackwell Publishing Professional. Oxford. Iowa. p. 34- 58.

- Park, Y. W., Chukwu, H. I. 1988. Macro-mineral concentrations in milk of two goats breeds at different stages of lactation. *Small Ruminant Research*. 1 (2). 157- 165.
- Parkash, S., Jenness, R. 1968. The composition and characteristics of goat milk: Review. *Dairy Science Abstr.* 30. 67- 72.
- Parodi, P. W. 2004. Milk fat in human nutrition. *Australian Journal of Dairy Technology*. 59 (1). 3- 59.
- Petit, H. V. 2002. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *Journal of Dairy Science*. 85 (6). 1482- 1490.
- Petit, H. V. 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. *Canadian Journal of Animal Science*. 90 (2). 115- 127.
- Petit, H. V., Cortes, C. 2010. Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half of lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 158. 36- 43.
- Petit, H. V., Tremblay, G. F., Tremblay, E., Nadeau, P. 2002. Ruminant biohydrogenation of fatty acids, protein degradability, and dry matter digestibility of flax seed treated with different sugar and heat combinations. *Canadian Journal of Animal Science*. 82 (2). 241- 250.
- Piperova, L. S., Moallem, U., Teter, B. B., Sampugna, J., Yurawecz, M. P., Morehouse, K. M., Luchini, D., Erdman, R. A. 2004. Changes in milk fat in response to dietary supplementation with calcium salts of trans-18:1 or conjugated linoleic fatty acids in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87 (11). 3836- 3844.
- Saini, A. L., Gill, R. S. 1991. Goat milk: An attractive alternate. *Indian Dairyman*. 42. 562- 564.
- Sambras, H. H. 2006. Atlas plemen hospodářských zvířat. Brázda, s. r. o. Praha. p. 296. ISBN: 8020903445.

Samková, E., Špička, J., Šlachta, M., Pešek, M., Frelich, J., Vyletělová, M., Hanuš, O. 2010. Variabilita v zastoupení významných mastných kyselin a jejich skupin v individuálních a bazénových vzorcích syrového kravského mléka. *Mlékařské listy*. 119. 18- 21.

Shingfield, K. J., Lee, M. R. F., Humphries, D. J., Scollan, N. D., Toivonen, V., Beever, D. E. 2011. Effect of linseed oil and fish oil alone or as an equal mixture on ruminal fatty acid metabolism in growing steers fed maize silage-based diet. *Journal of Animal Science*. 89 (11). 3728- 3741.

SCHOK. 2016. Koza bílá krátkosrstá (B) [online]. 2015 [cit. 2017-01-15]. Dostupné z:<
<http://www.schok.cz/plemena-koz/plemena-mlecna/koza-bila-kratkosrsta-b>>.

Skjvedal, T. 1979. Flavour of goat's milk: A review of studies on the sources of its variations. *Livestock Production science*. 6 (4). 397- 405.

Suchý, P., Straková, E., Herzig, I. 2008. Kvalita rostlinných olejů a jejich význam z hlediska zdraví zvířat a možnosti ovlivnění nutriční hodnoty potravin živočišného původu. *Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves*, p. 59.

Suksombat, W., Thanh, L. P., Meeprom, Ch., Mirattanaphrai, R. 2016. Effect of linseed oil supplementation on performance and milk fatty acid composition in dairy cows. *Animal Science Journal*. 87 (12). 1545- 1553.

Tamime, A. Y., Deeth, H. C. 1980. Amino acid composition in milk and yoghurt of different species. *Journal of Food Protection*. 43. 939- 943.

Troegeler- Meynadier, A., Bret- Bennis, L., Enjalbert, F. 2006. Rates and efficiencies of reactions of ruminal biohydrogenation of linoleic acid according to pH and polyunsaturated fatty acids concentrations. *Reproduction Nutrition Developement*. 46 (6). 713- 724.

Ueda, K., Ferlay, A., Chabrot, J., Looor, J. J., Chilliard, Y., Doreau, M. 2003. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestion in dairy cows fed diets with different forage: concentrate ratios. *Journal of Dairy Science*. 86 (12). 3999- 4007.

Zhang, R. H., Mustafa, A. F., Zhao, X. 2006. Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty acid composition of milk and cheese. *Animal Feed Science and Technology*. 127 (3-4). 220- 233.