

# Vědecký výbor výživy zvířat

## Vliv krmné dávky dojnic na množství a kvalitu mléčného tuku

**Ing. Václav Kudrna, CSc.,  
Ing. Petr Homolka, Ph.D.**

Praha, prosinec 2007



**Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.**  
Přátelství 815, Praha - Uhřetěves,  
PSČ: 104 01, [www.vuzv.cz](http://www.vuzv.cz)

# OBSAH

|  | strana |
|--|--------|
| Seznam použitých zkratk.....                                       | 3      |
| Úvod.....  | 4      |
| Sekrece mléka a produkce mléčného tuku.....                        | 5      |
| Složení mléčného tuku.....   | 9      |
| Bachorová fermentace a její produkty.....                          | 11     |
| Význam vlákniny pro syntézu mléčného tuku.....                     | 13     |
| Vliv koncentrovaných krmiv a škrobu na produkci mléčného tuku..... | 16     |
| Vliv dusíkatých látek na tvorbu mléčného tuku.....                 | 19     |
| Působení lipidů v dietě na syntézu mléčného tuku.....              | 21     |
| Působení pufrů na koncentraci mléčného tuku.....                   | 24     |
| Vliv insulinu na koncentraci mléčného tuku.....                    | 27     |
| Vliv mastných kyselin na koncentraci mléčného tuku.....            | 30     |
| Vliv diety na obsah CLA v mléce.....                               | 33     |
| Závěr.....   | 37     |
| Seznam použité literatury.....                                     | 39     |

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

|              |  |
|--------------|--|
| <b>ADF</b>   | - acido detergentní vláknina           |
| <b>CLA</b>   | - konjugovaná kyselina linolová        |
| <b>FA</b>    | - mastné kyseliny                      |
| <b>FFR</b>   | - plnotučné semeno řepky               |
| <b>FFS</b>   | - plnotučné sójové boby                |
| <b>KD</b>    | - krmná dávka                          |
| <b>LF</b>    | - dieta s nízkým obsahem tuku          |
| <b>MFD</b>   | - snížení obsahu mléčného tuku         |
| <b>MUFA</b>  | - monoenové nenasycené mastné kyseliny |
| <b>NEFA</b>  | - neesterifikované mastné kyseliny     |
| <b>NEL</b>   | - netto energie pro laktaci            |
| <b>NDF</b>   | - neutrálně detergentní vláknina       |
| <b>eNDF</b>  | - efektivní NDF                        |
| <b>peNDF</b> | - fyzikálně efektivní NDF              |
| <b>OIL</b>   | - sójový olej                          |
| <b>PES</b>   | - plnotučné extrudované sójové boby    |
| <b>PM</b>    | - pivovarské mláto                     |
| <b>PS</b>    | - pastva                               |
| <b>PUFA</b>  | - polynenasycené mastné kyseliny       |
| <b>SBO</b>   | - dieta se sójovým olejem              |
| <b>SCC</b>   | - počet somatických buněk              |
| <b>SFA</b>   | - nasycené mastné kyseliny             |
| <b>TMR</b>   | - kompletní směsná krmná dávka         |
| <b>TVA</b>   | - kyselina <i>trans</i> -vakcenová     |
| <b>UFA</b>   | - nenasycené mastné kyseliny           |
| <b>VFA</b>   | - těkavé mastné kyseliny               |

# ÚVOD

Až do 70. let dvacátého století bylo cílem chovatelů skotu zvyšovat koncentraci a produkci mléčného tuku. Od 70. let se začalo s ovlivňováním složení mléčného tuku, neboť ve vyspělých zemích natolik stoupla produkce mléka, že byla zaručena soběstačnost ve výrobě mléčných výrobků a lékařský výzkum začal poukazovat na negativní roli nasycených mastných kyselin (SFA) na nemoci kardiovaskulárního systému. Začala se upřednostňovat kvalita před dalším zvyšováním produkce. V té době se rovněž začalo s propagací konzumace margarínu.

Mléčný tuk je přirozeně chutný, ale přispívá ke zvýšenému příjmu tuku, který je spojován ve vyspělém světě s problémy arterosklerózy a srdečními onemocněními. V souvislosti se sedavým životním stylem je propagována konzumace částečně nebo úplně odstředěného mléka. To však snižuje jeho chutnost, takže spotřebitelé zjišťují, že odstředěné mléko je nechutné a nemá mléčnou chuť. Spotřebitelským znakem plnotučného mléka je žlutější barva, což je dáno zvýšenou koncentrací karotenu a jeho derivátů. Chovatel je většinou placen hůře za mléčný tuk než za mléčnou bílkovinu, což - společně s kvótami na produkci mléčného tuku - nepřispívá k výrobě mléka s odpovídajícím množstvím tuku.

V současné době panuje zákaznická poptávka po nenasyčených mastných kyselinách (UFA), které jsou považovány za zdravější než nasycené mastné kyseliny. Z těchto důvodů je zde i snaha ovlivňovat také profil mastných kyselin (FA) v mléčném tuku. Významnou roli z hlediska zdravotního by mohla sehrát konjugovaná kyselina linolová (CLA), což je směs *cis*- a *trans*- izomerů kyseliny linolové, která se nachází právě jen v mase a mléce přežvýkavců. K nejdůležitějším vlastnostem CLA z hlediska lidského zdraví patří, podle dosud známých skutečností, protikarcinogenní účinky a dále pak omezování arterosklerózy, snižování podílu tuků v těle a další zdravotní účinky. Dalším doporučením v oblasti lidského zdraví je zvýšený příjem  $\omega$ -3 mastných kyselin a úprava poměru  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3, který by měl být přibližně 5 : 1 (COMA, 1994).

## SEKRECE MLÉKA A PRODUKCE MLÉČNÉHO TUKU

Limitujícím faktorem mléčné užitkovosti dojnic je jejich výživa. Při nedostatečné výživě není využíván genofond zvířat, mj. je snížena produkce mléka a zhoršuje se jeho kvalita. Tvorba mléka probíhá v sekrečních buňkách mléčné žlázy z látek, které jsou těmito buňkami odebírány z krve. Pro produkci 50 kg mléka denně musí protéci mléčnou žlázou 25000 litrů krve, tj. na 1 kg mléka 500 litrů krve.

### Průměrná syntéza látek v mléce

(SOMMER, 2003)

| <i>Složka</i>             | <b>Produkce mléka v kg/ks/den</b> |           |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------|
|                           | <b>40</b>                         | <b>50</b> |
| <i>Bílkoviny (32 g/l)</i> | 1,28                              | 1,60      |
| <i>Tuk (40 g/l)</i>       | 1,60                              | 2,00      |
| <i>Laktóza (48 g/l)</i>   | 1,92                              | 2,40      |

Sekreční buňky využívají z krve přibližně 80 % glukózy, aminokyselin a mastných kyselin. Koncentrace živin v krvi je ovlivněna úrovní výživy, technikou krmení, fermentačními procesy v předžaludku, úrovní resorpce živin apod. O konverzi živin a tvorbě prekurzorů mléka rozhoduje především bacherová fermentace, pro kterou je nutné vytvořit optimální podmínky.

Výživa dojnic se vedle dalších faktorů významně podílí na změnách ve složení mléka, na jeho biologické hodnotě, sensorických a technologických vlastnostech. Proto nejen obsah jednotlivých živin v krmné dávce, ale i druh podávaného krmiva, jeho kvalita a technika krmení, ovlivňují složení a kvalitu mléka. Podíl jednotlivých složek mléka není konstantní, k největším změnám dochází v obsahu mléčného tuku (İLLEK, 1998).

Změny v tučnosti mléka mohou signalizovat změny v bacherovém pH, obsahu živin v sušině krmné dávky a změny v tělesné hmotnosti. Tabulka uvádí přehled normálních hladin mléčných komponentů známých mléčných plemen:

## Normální hladiny tuku a proteinu a jejich vztah u dojných plemen

(HUTJENS, 2006)

| <i>Plemeno</i>     | <b>Mléčný tuk</b><br>(%) | <b>Mléčný protein</b><br>(%) | <b>Poměr</b><br><b>% proteinu/% tuku</b> |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| <i>Ayshir</i>      | 3,86                     | 3,32                         | 0,86                                     |
| <i>Swiss Brown</i> | 3,95                     | 3,44                         | 0,87                                     |
| <i>Guernsey</i>    | 4,42                     | 3,49                         | 0,87                                     |
| <i>Holštýn</i>     | 3,66                     | 3,15                         | 0,86                                     |
| <i>Jersey</i>      | 4,57                     | 3,73                         | 0,82                                     |

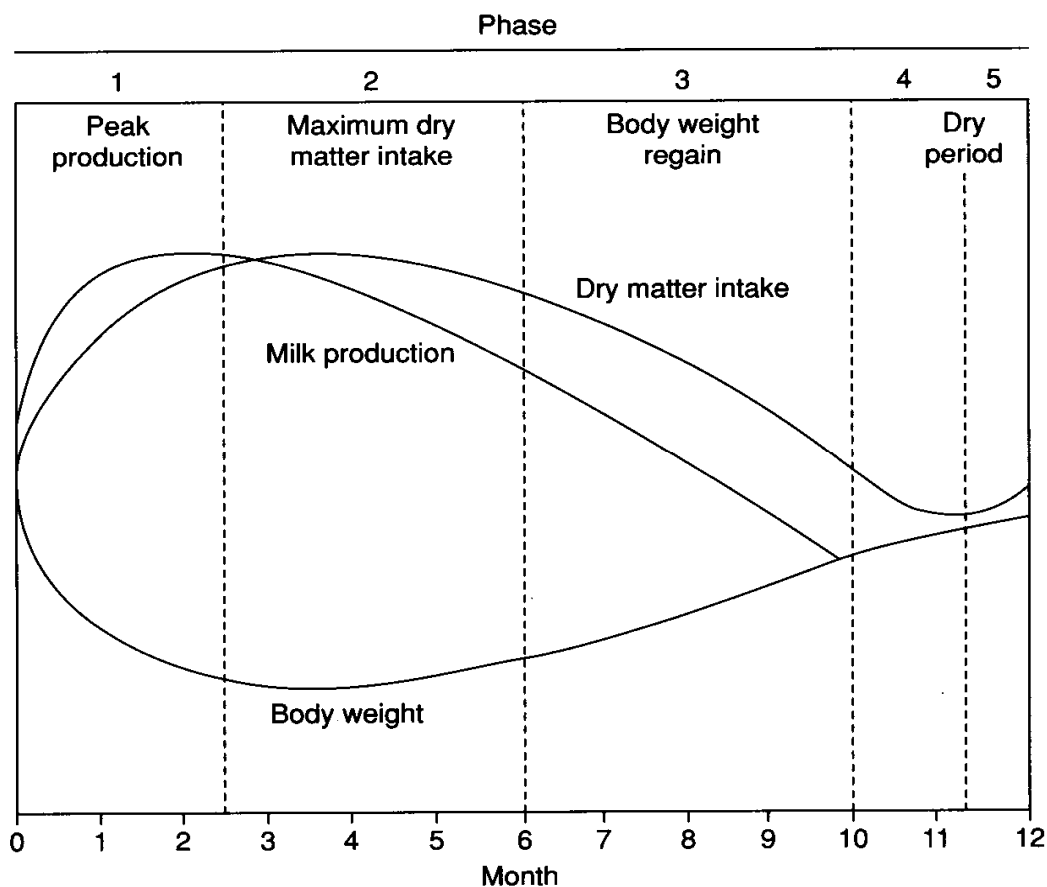
### Porovnání profilů mléčného tuku podle počtu laktací a laktačních dnů

Následující laktační dny mohou pomoci odhalit vztah mezi krmením dojnic a obsahem tuku v mléce (HUTJENS, 2006):

- **Méně než 50 dnů v laktaci.** Vysoký obsah tuku (více než 1 % nad průměrem plemene) naznačuje, že mohlo dojít k nadměrné ztrátě tělesné hmotnosti. Nízký obsah tuku může rovněž poukazovat na nízkou hladinu energie v krmné dávce.
- **Od 50 do 150 dnů laktace.** Mléčný tuk dosáhne nejnižšího bodu, pokud ovšem nedošlo k negativnímu vývoji v bacheru. U vysokoprodukčních holštýnských dojnic je obsah mléčného tuku mezi 3,0 až 3,3 % obvyklý.
- **Od 150 dne do konce laktace.** Obsah mléčného tuku má být na normálu pro dané plemeno. Hladina mléčného proteinu by měla sledovat hladinu mléčného tuku. Průměry plemen uvedené v tabulce, odráží celkovou hladinu proteinu. Jestliže je obsah mléčného proteinu pod úrovní průměru plemene nebo když poměr mezi mléčným proteinem a tukem je pod úrovní průměru plemene, pak není využit genetický potenciál daného plemene. Pokud je hladina proteinu příliš nízká, musí být analyzovány následující oblasti:
  - Provéřit hladiny škrobů, cukrů a fermentovatelné vlákniny. Nízké množství fermentovatelných uhlohydrátů vede k omezení produkce mikrobiálního proteinu.
  - Zhodnotit hladiny celkového proteinu, hladiny degradovatelného a nedegradovatelného proteinu a rovnováhu aminokyselin.

- Provéřit, zda faktory v bachoru nelimitují mikrobiální růst (jako je bachorová acidóza).
- Zkrmování nenasyceného a v bachoru chráněného tuku může vést k poklesu proteinu v mléce. Celkový nádoj se mohl zvýšit, zatímco množství proteinu zůstalo konstantní.
- Nízký obsah sušiny v dávce a její nízká stravitelnost může snížit mikrobiální růst a příjem nedegradovatelného proteinu.

### Změny v produkci mléka, sušiny a živé hmotnosti v průběhu roku u typické dojnice



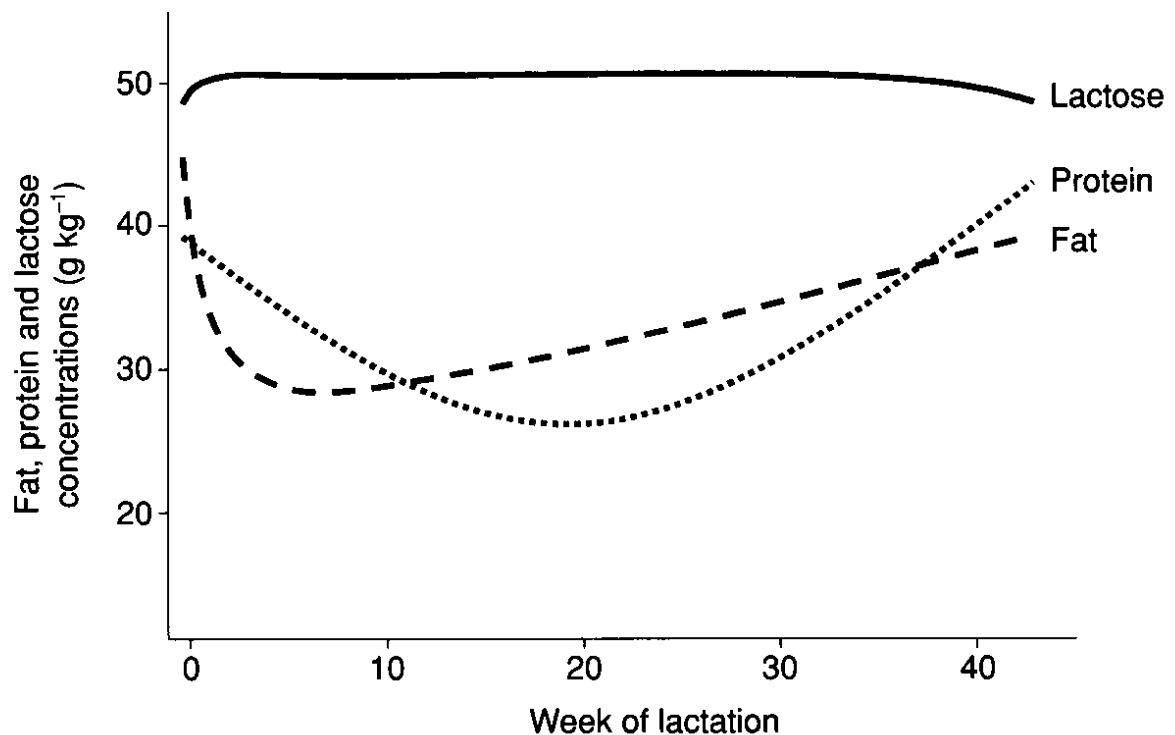
Po otelení je obsah tuku v mléce značně vysoký, ale v souvislosti s narůstající mléčnou produkcí rychle klesá. DREVJANY et al. (2004) uvádějí, že celkové množství tuku v první fázi laktace (do 120 dnů, kdy produkce mléka je vysoká, ale obsah tuku je nižší) je vyšší než na konci laktace, kdy tučnost je vysoká, ale produkce nízká. Po otelení mléko holštýnské krávy podle nich obsahuje zhruba 4,8 % tuku, během prvních 120 dnů tučnost téměř lineárně klesá až na 3,0 % nebo i níže. Od 120 do 300 dnů laktace pak tučnost zase lineárně stoupá až dosáhne cca 3,8 %. Pokud je laktace prodloužena na až na 365 dnů, tučnost začíná od 300. dne zase stoupat a ve 365 dnech se přibližuje k 5,0 %.

Vztah mezi mléčným proteinem a tukem může být použit při stanovení deprese produkce mléčného tuku, tzv. inverze mléčného tuku (stav, kdy je obsah mléčného proteinu u jednotlivých dojnic vyšší než obsah mléčného tuku o 0,2 %).

Například holštýnská dojnice s 3 % mléčného proteinu bude produkovat mléko s 2,8 % tuku. O inverzi mléčného tuku vlivem krmného systému můžeme mluvit, jestliže:

- Přes 10 % dojnic ve stádě má tukovou inverzi větší než 0,2 %
- Dojnice mají obsah tuku v mléce nižší o celé 1,0 %, než je průměr plemene (HUTJENS, 2006).

### Změny v koncentraci mléčného tuku, bílkovin a laktózy v průběhu laktace krávy





## SLOŽENÍ MLÉČNÉHO TUKU

Mléčný tuk je tvořen směsí triacylglycerolů mastných kyselin (FA), fosfolipidy a cholesterolem. V kravském mléce byla izolována řada mastných kyselin, což umožňuje mnoho různých variant triacylglycerolů. Přibližně 50 % FA jsou kyseliny s krátkým a středním řetězcem (C4 – C14), druhá polovina mléčného tuku je tvořena mastnými kyselinami s dlouhým řetězcem (C16 a více).

JENSEN (2002) uvádí, že mléčný tuk obecně obsahuje od 60 do 70 % nasycených FA (SFA), 25 až 35 % mononenasycených mastných kyselin (MUFA) a do 5,0 % polynenasycených FA (PUFA). Kyseliny linolová, konjugovaná linolová a  $\alpha$ -linolenová jsou hlavními PUFA – průměrné množství 2,0 %; 0,5 % a 0,5 % z mléčných FA. Kyselina olejová tvoří normálně dvě třetiny z MUFA (20 % z celkových FA), se zbytkem MUFA, tvořeným hlavně *cis*- a *trans*- izomery kyseliny C18. PUFA a MUFA jsou všeobecně považovány za výhodné pro lidské zdraví a jsou některé současné důkazy i o výhodném působení *trans*-11 C18:1 (kyselina *trans*-vakcenová, TVA; CORZ et al., 2003; LOCK et al., 2004). Převládajícími SFA jsou kyseliny myristová (C14:0; 8 – 14 % z FA mléka), palmitová a stearová (C18:0; 9 – 14 % FA mléka).

Tyto kyseliny odpovídají za vliv SFA na cholesterol v krevní plazmě, ačkoli C18:0 (stearová) je považována v tomto smyslu za neutrální (YU et al., 1995) a C16:0 (palmitová) by nemusela zvyšovat obsah cholesterolu, jestliže dieta obsahuje doporučené množství kyseliny C18:2 (linolová) (CLADININ et al., 2000). Kyselina myristová (C14:0) je považována za více účinnou než kyselina palmitová (C16:0) při zvyšování lipidů v plazmě. V současné době se výzkum zajímá o množství konjugované kyseliny linolové (CLA) v mléce díky jejímu možnému vlivu na celou škálu lidských chorob, včetně rakoviny a obezity (BELURY, 2002). Mléko obecně obsahuje nízkou hladinu PUFA s dlouhými řetězci - kyseliny eikosanpentanové (EPA; C20:5) a dekosahexenové (DHA; C22:6), a stále se ještě vedou spory o významu hlavní  $\omega$ -3 FA v mléce – kyselině  $\alpha$ -linolenové (C18:3) jako prekurzoru EPA a DHA (JACOBS et al. 2004).

Mastné kyseliny mléčného tuku mohou být klasifikovány podle těkavosti. Mezi těkavé kyseliny náleží kyselina máselná, kapronová, kaprylová a laurová. Naproti tomu kyselina myristová, palmitová, stearová, olejová, linolová, linolenová a arachidonová jsou netěkavé. Při rozkladu tuku těkavé kyseliny vytváří výrazný puch a jsou zodpovědné za žluklou chuť mléka a eventuálně i mléčných výrobků (ILLEK, 1998).

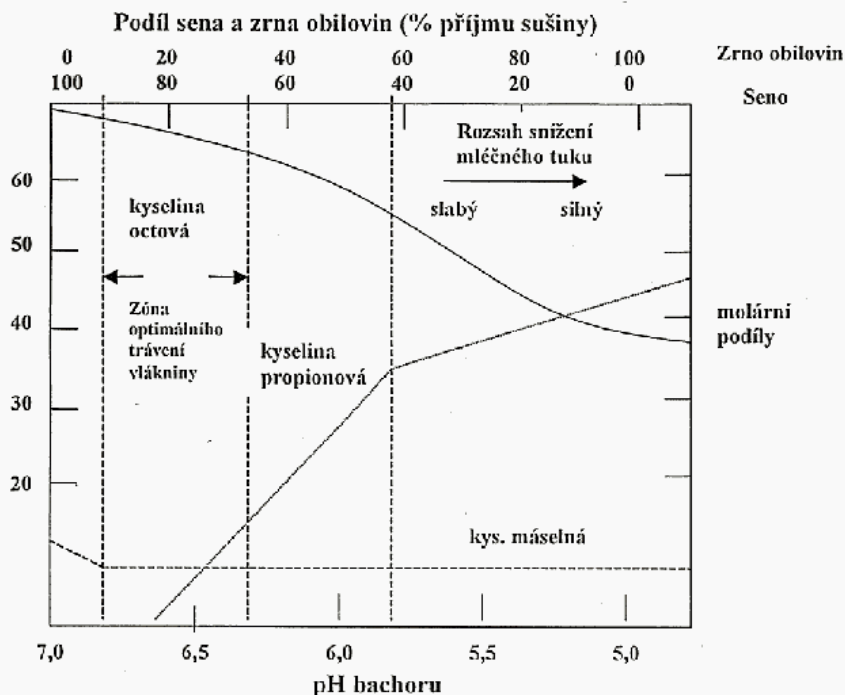
### Složení mléčného tuku (400 MK)

| <i>Kyseliny</i>              | <b>Skutečné<br/>(Grummer, 1991)</b> | <b>Žádoucí<br/>(Mayes &amp; Khosla, 1992)</b> |
|------------------------------|-------------------------------------|---|
| <i>Nasyčené (SFA)</i>        | <b>70 %</b>                         | <b>30 %</b>                                   |
| <i>Mononenasycené (MUFA)</i> | <b>25 %</b>                         | <b>60 %</b>                                   |
| <i>Polynenasycené (PUFA)</i> | <b>5 %</b>                          | <b>10 %</b>                                   |

## BACHOROVÁ FERMENTACE A JEJÍ PRODUKTY

Hlavním prekurzorem syntézy mléka a mléčného tuku je kyselina octová, která je tvořena v bachoru ze strukturálních sacharidů v průběhu bachorové fermentace, nebo je výsledkem beta oxidace FA tukové tkáně dojnic. Bachor je nejvýznamnější částí trávicího systému přežvýkavců. Jde o vysoce účinný fermentační prostor obsahující biliony mikroorganismů schopných využívat mj. vlákninu píce. Mikrobiálním štěpením rostlinného materiálu vytvářejí mikroorganismy energii a proteiny nutné pro jejich růst. Během tohoto procesu se tvoří těkavé mastné kyseliny (zejména kyselina octová, propionová, máselná) a amoniak. Těkavé mastné kyseliny jsou pro krávy hlavním zdrojem energie a uhlíkatých struktur pro syntetické procesy. Nevyužitý amoniak se v játrech mění na močovinu a je buď vyloučen močí nebo recyklován slinami. Vysokoužitkové dojnice mají, zejména v 1. části laktace, ale podstatně vyšší nároky na energii a dusíkaté látky, takže je nutné použít další zdroje. Tradičními zdroji dodatečné energie jsou škrobové materiály, jako např. obiloviny.

**Obr 1:** Vliv podílu píce v krmné dávce na produkci těkavých mastných kyselin a bachorové pH (Mc CULLOUGH, 1986)



Dieta s vysokým obsahem škrobu může způsobit rychlou fermentaci v bachoru a vzniklé nízké pH může hubit bakterie trávící vlákninu. To má za následek snížený příjem sušiny a snížení obsahu mléčného tuku. Obsah mléčného tuku určuje poměr lipogenních (kyselina octová, kyselina máselná, mastné kyseliny s dlouhým řetězcem) a glukogenních (kyselina propionová, glukóza a některé aminokyseliny) živin, ale zejména poměr acetátu ku propionátu (PHILIPS, 2001). Kyselina octová se 50 až 60 % podílí na celkové produkci těkavých mastných kyselin (VFA). Čím je v dávce více objemné píče, tím se zastoupení kyseliny octové zvětšuje. Dojnice využívá absorbovanou kyselinu octovou k syntéze mléčného nebo tělesného tuku – pro což je nazývána lipogenním substrátem – a dále na pokrytí tvorby tělesné energie a tepla. Při nízkém zastoupení objemné píče v krmné dávce mikrobiální syntéza kyseliny octové klesá, což má za následek snížení obsahu tuku v mléce. Ke stejným výsledkům vede zkrmování vysokého podílu jaderných koncentrátů nebo jejich rozšrotování najemno.

**Zastoupení bachorových kyselin v závislosti na krmení objemného a jaderného krmiva (%) (GIRARD, 1999)**

| <i>Poměr objem/jádro</i> | <b>Acetát</b> | <b>Propionát</b> | <b>Butyrát</b> |
|--------------------------|---------------|------------------|----------------|
| <i>100:0</i>             | <b>71,4</b>   | <b>16,0</b>      | <b>7,9</b>     |
| <i>75:25</i>             | <b>68,2</b>   | <b>18,1</b>      | <b>8,0</b>     |
| <i>50:50</i>             | <b>65,3</b>   | <b>18,0</b>      | <b>10,4</b>    |
| <i>40:60</i>             | <b>59,8</b>   | <b>25,9</b>      | <b>10,2</b>    |
| <i>20:80</i>             | <b>53,6</b>   | <b>30,6</b>      | <b>10,7</b>    |

Vysoký podíl rostlinných olejů v krmné dávce má rovněž za následek pokles syntézy kyseliny octové a tím i snížení obsahu tuku v mléce. Kyselina máselná je hlavním zdrojem energie pro bachorovou stěnu a na celkovém množství VFA se podílí 12 až 18 %. Během absorpce je kyselina máselná v bachorovém epitelu převedena na kyselinu  $\beta$ -hydroxymáselnou, která rovněž patří mezi lipogenní faktory a je využívána k syntéze tělního a mléčného tuku. Naopak kyselina propionová, která se podílí na celkovém množství VFA z 18 – 20 % je v játrech dojnice převáděna na glukózu a je substrátem glukogenním (DREVIJANY et al. (2004). Pro syntézu mléčného tuku jsou využívány i mastné kyseliny obsažené v krmivech (jaderná krmiva, siláže apod.).

## VÝZNAM VLÁKNINY PRO SYNTÉZU MLÉČNÉHO TUKU

Ukazatelem možného obsahu tuku v mléce je obsah vlákniny v krmné dávce. Diety s optimální koncentrací strukturální vlákniny a dobrými podmínkami pro trávení celulózy jsou zárukou dostatečné tvorby kyseliny octové, a tím i dobré syntézy mléčného tuku. Hrubá vláknina ve strukturálním stavu by měla tvořit 15 - 21 % sušiny krmné dávky, přičemž 50 % částic by mělo mít velikost minimálně 8 mm. Obsah mléčného tuku začíná klesat při podílu píce v krmné dávce menším než 40 %. Redukce je silnější s klesajícím obsahem píce a když její podíl dosáhne pouze 10 %, mléčného tuku je asi jen 20 g/kg mléka. Píce je poměrně nepřesný termín. Přesnější termín – obsah stravitelné vlákniny v dietě – přesněji souvisí s jejím potenciálem pro produkci mléčného tuku. Obsah tuku začíná klesat, jestliže krmná dávka obsahuje méně než 300g NDF (vláknina rozpustná v neutrálním detergentu) na kg sušiny. Jsou dvě příčiny, kdy se příjem píce může jevit adekvátní, ale přitom je nízkotučné mléko. První je, jestliže krávy jsou paseny na jarní trávě s minimem vlákniny, a druhá nastává, když je délka píce menší než přibližně 0,6 – 0,7 cm. TMR (*total mixed ration*; kompletní směsná krmná dávka) je efektivní způsob jak se vyhnout přílišné kyselosti v batoru a nízkému obsahu mléčného tuku.

### Porovnání pastvy a techniky zkrmování TMR

(TOZER, 2002)

|                               | Jedn.        | 24 hod. pastva<br>+ jadr. krm. | Půldenní pastva<br>+ TMR | Celodenní<br>ustájení (TMR) |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <i>Příjem sušiny celkem</i>   | <i>kg/ks</i> | 21,6                           | 25,2                     | 26,7                        |
| <i>- z toho pastva</i>        | <i>kg/ks</i> | 12,9                           | 7,5                      | ---                         |
| <i>- z toho jadrné krmivo</i> | <i>kg/ks</i> | 8,7                            | 2,2                      | ---                         |
| <i>- z toho TMR</i>           | <i>kg/ks</i> | ---                            | 15,5                     | 26,7                        |
| <i>Mléko</i>                  | <i>kg/ks</i> | 28,5                           | 32,0                     | 38,1                        |
| <i>Mléčný tuk</i>             | <i>%</i>     | 3,13                           | 3,35                     | 3,30                        |
| <i>Mléčné bílkoviny</i>       | <i>%</i>     | 2,88                           | 2,95                     | 2,90                        |

Při této technice krmení jsou konzumovány koncentráty s pící a příjem živin je tak synchronizován (PHILIPS, 2001). Nicméně pokud má krmná dávka tak nízkou hladinu

vlákniny, že limituje produkci mléčného tuku, je nutné přejít na dietu s odpovídajícím množstvím strukturní vlákniny, která by měla být ze 70 – 75 % tvořena pící. Do krmných dávek (KD) s vysokým obsahem jádra je vhodné využít ingrediencí s vysokým obsahem stravitelné vlákniny (jako je např. cukrovka), než používat koncentráty s vysokým obsahem škrobu (jako jsou obiloviny) (PHILIPS, 2001).

Správná délka částic má velký vliv na stravitelnost živin a dobrou funkci batoru. Při vysokém podílu kukuřičné siláže v dávce by mělo alespoň 10 % částic přesahovat délku 19 mm, 40 až 50 % by mělo být mezi 8 až 19 mm a 40 až 50 % částic by mělo být pod 8 mm. V případě zpracování kukuřičné siláže mačkáacími válci („*corncracker*“), je vhodné délku řezanky dále prodloužit, aby podíl částic nad 19 mm představoval 10 až 15 % . U většiny siláží a senáží by se teoretická délka částic měla pohybovat mezi 10 až 20 mm, čímž se zajistí, že 15 až 20 % částic v silážích je delších než 40 mm. Tato tzv. efektivní vláknina zabraňuje nízkému příjmu sušiny a pomáhá odstranit nebezpečí nízkého obsahu tuku v mléce (DREVJANY et al., 2004).

Vláknina je zdrojem komplexních uhlohydrátů, které nejen zpomalují trávení, ale také ovlivňují kyselost batorového obsahu. K popisu vlákniny jsou nejčastěji používány termíny kyselá detergentní vláknina (ADF) a neutrálně detergentní vláknina (NDF). U dojnic s vysokou produkcí a u dojnic na počátku laktace by se obsah ADF v dietě měl pohybovat mezi 18 až 20 % sušiny. U NDF by její obsah v sušině měl být poněkud vyšší – mezi 28 – 30 %. Termín „efektivní vláknina“ byl navržen k popisu potenciálu jednotlivých krmiv udržovat batorové pH. Nový termín „efektivní NDF“ (eNDF) posuzuje schopnost krmiva nahradit objemnou píci v dávce tak, aby při zkrmování náhradního krmiva nedošlo k poklesu obsahu tuku v mléce dojnic. Dále byl pro upřesnění zaveden i termín „fyzikálně efektivní NDF“ (pe NDF), který je založen na měření skutečné délky krmných částic. Fyzikální faktor (pe) je vypočítán jako součet proporce materiálu, který je zadržen na dvou sítích (19 a 8 mm) separátoru částic, vyvinutém Pensylvánskou univerzitou. PeNDF je vypočtena násobením obsahu NDF faktorem pe (DREVJANY et al., 2004).

Délka částic diety má velký vliv na využití objemné píce a tvorbu a zachování vlákninové „matrace“ v batoru, která je podmínkou růstu a aktivity batorové mikroflóry. Při zkrmování dávky s kratšími částicemi dojde sice ke zvýšení příjmu krmiva, ale současně se sníží jeho stravitelnost a zkrátí se délka jeho pobytu v batoru. Je to dáno tím, že přezvykováním se délka částic dále zkracuje a trávenina opustí bator, dříve než se mikroflóre podaří ukončit jejich fermentaci. Velmi populární se stalo měření délky částic separátorem objemné píce. Jde o soustavu 3 sít, která jsou umístěna nad sebou, přičemž síto

s největšími otvory je umístěno nahoře. Částice píce jsou děleny podle velikosti do tří skupin: částice větší než 1,88 cm, částice od 0,88 do 1,88 cm a částice pod 0,88 cm (DREVJANY et al., 2004). Obecně se doporučuje aby po patřičném protřepání TMR zůstalo na horním síti nejméně 10 % částic krmiva a na dně méně než 50 %. Rozmezí hodnot v původní sušině uvádí následující tabulka.

### Optimální délky částic (v původní sušině)

(DREVJANY et al., 2004)

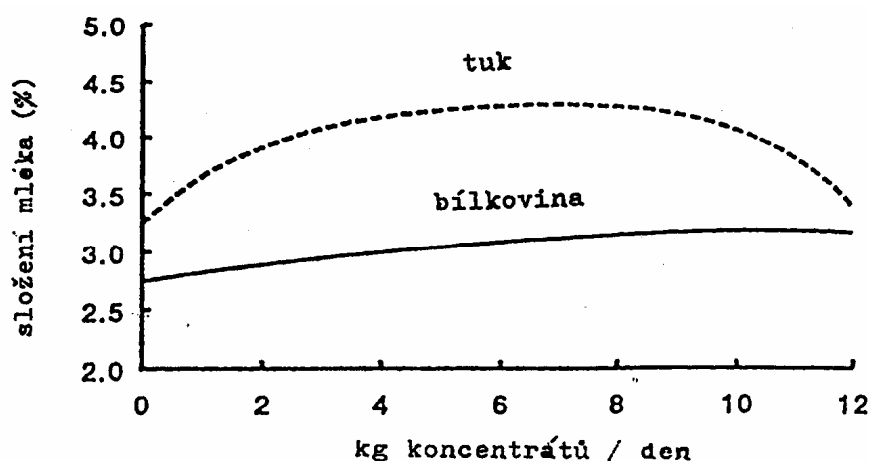
| <i>Druh krmiva</i>            | <b>Množství vzorku</b> | <b>Vrchní síto</b> | <b>Střední síto</b> | <b>Spodní(dno)</b> |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <b><i>TMR</i></b>             | 350g                   | > 10 %             | 30 – 50 %           | < 50%              |
| <b><i>Senáž</i></b>           | > 220g                 | 20 %               | 20 – 50 %           | < 50%              |
| <b><i>kukuřičná siláž</i></b> | > 450g                 | 5 %                | 50 %                | < 50%              |

Vysoký podíl jemně mletých krmiv a kašovitá krmiva negativně ovlivňují tvorbu kyseliny octové, a tím i tvorbu mléčného tuku. Obsah tuku v mléce ovlivňuje také přechod ze zimní krmné dávky na bázi konzervovaných krmiv na letní, založenou na zkrmování zelené píce. Zvláštním problémem je v tomto směru pastva zejména na mladém travním porostu, který má nízký obsah hrubé vlákniny a vysoký obsah rozpustných sacharidů. Z těchto důvodů se vytváří menší množství kyseliny octové a následně je omezena syntéza mléčného tuku.

# VLIV KONCENTROVANÝCH KRMIV A ŠKROBU NA PRODUKCI MLÉČNÉHO TUKU

Na tvorbu kyseliny octové působí depresivně rovněž vysoké dávky koncentrovaných krmiv. Tyto diety s vysokým podílem škrobů a rozpustných sacharidů podporují především tvorbu kyseliny propionové a depresivně působí na tvorbu kyseliny octové a tím i na syntézu mléčného tuku.

## Vliv množství koncentrátů v KD na složení mléka



Situaci dále zhoršuje používání jemně mletých obilnin. Vysoké dávky koncentrátů je vhodné podávat v podobě menších dávek (2 – 3 kg) předkládaných vícekrát než 2x denně (4 – 6x). Ideálním řešením je zkrmování koncentrátů společně s objemnými krmivy v podobě kompletní směsné krmné dávky (TMR) nebo zkrmování TMR v kombinaci s výdejovými krmnými automaty seřízenými na malé dávky koncentrátů.

Účinnost využití energie ze škrobu tráveném v tenkém střevě je všeobecně považována za větší než při jeho fermentaci v batoru. Trávení škrobu v tenkém střevě poskytuje glukózu pro absorpci, zatím co výsledkem fermentace škrobu v batoru, eventuálně v tlustém střevě při překrmování v batoru nedegradovatelným škrobem, je produkce těkavých mastných kyselin, z nichž jsou absorbovány propionové frakce, jež přispívají k syntéze glukózy v játrech. Různé produkční studie často ukazují vyšší produkční účinnost u zdrojů škrobu zpracovaných technologiemi zvyšujícími jeho stravitelnost v batoru (THEURER et al.,1999). Tento výsledek je způsoben větší stravitelností škrobu a zvýšenou mikrobiální proteinovou



syntézou a také využitím čpavku v bacheru. Vyšší hodnota NEL při vyšší vlhkosti kukuřičného zrna ve srovnání se suchým byla přičítána jeho větší stravitelnosti (WILKERSON et al., 1997).

**Celková koncentrace VFA a hodnoty pH v bacherové šťávě zvířat, krmených šroty (LOOSE et al., 1998)**

|   | <b>Pšeničný šrot</b>            | <b>Kukuřičné šroty<br/>(průměr. hodnoty)</b> |
|---|---------------------------------|--|
| <i>Obsah škrobu</i>                                       | <b>64,0<sup>b</sup> ± 4,5</b>   | <b>70,4<sup>a</sup> ± 3,0</b>                |
| <i>Efektivní in sacco odbourávání škrobu<br/>(k=0,08)</i> | <b>94,5<sup>a</sup> ± 6,3</b>   | <b>58,1<sup>b</sup> ± 7,9</b>                |
| <i>Celková koncentrace VFA (mmol/l)</i>                   | <b>114,3<sup>a</sup> ± 15,8</b> | <b>80,4<sup>b</sup> ± 17,3</b>               |
| <i>Hodnota pH</i>   | <b>6,0<sup>a</sup> ± 0,2</b>    | <b>6,6<sup>b</sup> ± 0,1</b>                 |

**Obsah škrobu u vybraných druhů krmiv a jejich degradace v bacheru**

**(PODKÓWKA et al., 2000)**

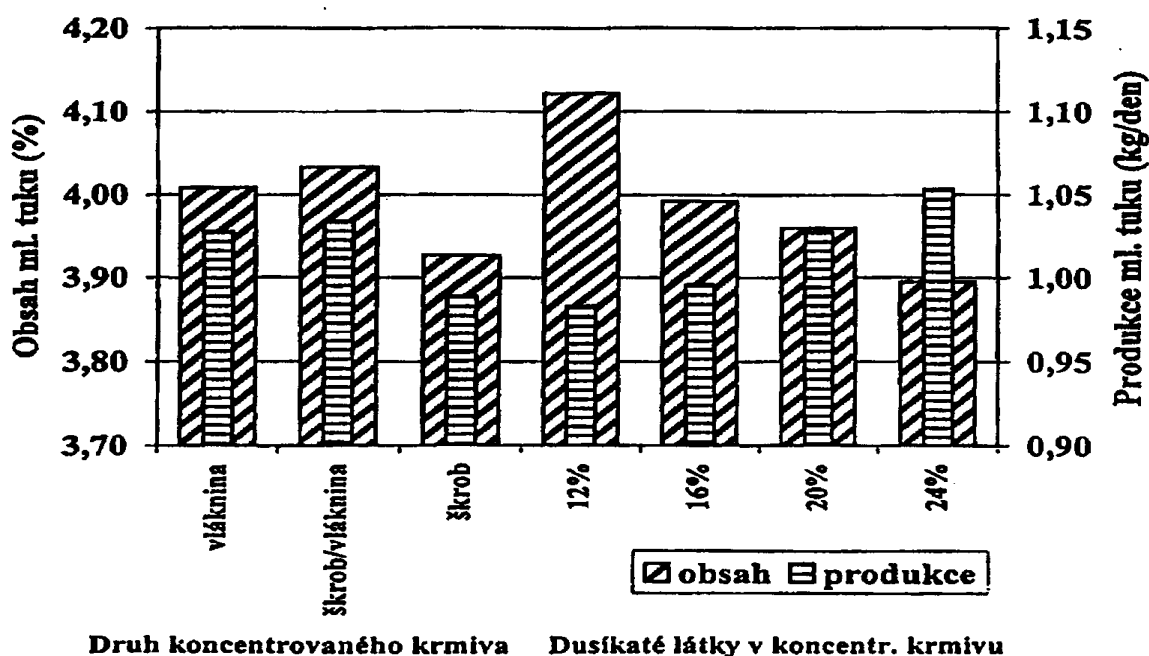
| <b>KRMIVA</b>              | <b>Obsah sušiny (g/kg)</b> | <b>Obsah škrobu v<br/>g/kg sušiny</b> | <b>Degradace v<br/>bacheru v %</b> |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| <b>ZRNINY</b>              |                            |                                       |                                    |
| <i>Kukuřice</i>            | <b>865</b>                 | <b>708</b>                            | <b>70</b>                          |
| <i>Pšenice</i>             | <b>851</b>                 | <b>660</b>                            | <b>90</b>                          |
| <i>Ječmen</i>              | <b>852</b>                 | <b>609</b>                            | <b>90</b>                          |
| <b>SEMENA LUSKOVIN</b>     |                            |                                       |                                    |
| <i>Bob</i>                 | <b>837</b>                 | <b>414</b>                            | <b>41</b>                          |
| <i>Hrách</i>               | <b>844</b>                 | <b>509</b>                            | <b>43</b>                          |
| <b>BRAMBORY</b>            | <b>217</b>                 | <b>645</b>                            | <b>76</b>                          |
|                            | <b>257</b>                 | <b>700</b>                            | <b>75</b>                          |
| <b>KUKUŘIČNÁ<br/>SILÁŽ</b> | <b>190</b>                 | <b>210</b>                            | <b>90</b>                          |
|                            | <b>240</b>                 | <b>245</b>                            | <b>85</b>                          |
|                            | <b>330</b>                 | <b>335</b>                            | <b>80</b>                          |
| <b>CCM</b>                 | <b>520</b>                 | <b>627</b>                            | <b>80</b>                          |

Zvýšená produkce mikrobiálního proteinu částečně objasňuje vliv dodávaného škrobu a metabolizovatelné energie na koncentraci mléčných bílkovin (REYNOLDS et al., 1997). Zvýšená produkce mléčných bílkovin může být způsobena rovněž zvýšenou stravitelností škrobu v tenkém střevě, a to možná šetrným využitím aminokyselin ve střevech a játrech (NOCEK & TAMINGA, 1991, REYNOLDS et al. 1994). REYNOLDS et al. (2001) provedli dva pokusy na zjištění vlivu postruminální infuze škrobu na produkci mléka a energie a na využití dusíku u dojných krav. V jednom z pokusů byly čtyři krávy na časně laktaci krmeny travní siláží a koncentráty. Současně jim byly denně podávány do dvanáctníku infuze purifikovaného kukuřičného škrobu. Infuze škrobu lineárně zvýšily mléčnou produkci a snížily koncentraci mléčného tuku. Zvýšení produkce FCM a vypočítané produkce mléčné energie bylo minimální. Pozitivní výjimkou byla pouze nejvyšší dávka (2100 g/den) škrobu. Změny v produkci energie mléka naznačily, že i při nejvyšší dávce infuze byla metabolizovatelná energie, dodávaná infuzí škrobu, využita pro tkáňovou energii nebo byla zoxidována.

## VLIV DUSÍKATÝCH LÁTEK NA TVORBU MLÉČNÉHO TUKU

Zvýšení obsahu dusíkatých látek v koncentrovaném krmivu ze 12 na 24 % znamenalo pokles tučnosti mléka ze 4,12 na 3,89 %. Přitom se ovšem zvýšila dojvost, takže celková produkce tuku stoupla.

Vliv různých typů koncentrátů na mléčný tuk



DREVIJANY et al. (2004) uvádějí, že zvýšení obsahu proteinu v sušině krmné dávky nad 15 % zvýší obsah tuku ve stádě, které produkovalo mléko s normálním obsahem tuku. Rovněž tak i zvýšený obsah proteinu v dávce (16 až 18 %) vede ke zvýšení mléčné produkce, ale také ke zvýšení obsahu mléčného tuku.

Mezi koncentrací bílkovin a tuku v mléce je poměrně vysoká korelace. Potvrzují to i výsledky našeho pokusu s přidávkem chráněného (*by-pass*) methioninu v podobě přípravku *Mepro*n. Jeho zařazení do krmné dávky ať už v období před porodem či po otelení přineslo vždy nejen zvýšení koncentrace mléčné bílkoviny, ale také i mléčného tuku.

**Tabulka 9: Mléčná užitkovost (*Mepron*)**

| <i>Ukazatel</i>          | <i>Jednotky</i>  | <i>Skupina</i>          |                         |                         |                         |
|--------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                          |                  | <i>M/M<sup>1)</sup></i> | <i>M/0<sup>2)</sup></i> | <i>0/0<sup>3)</sup></i> | <i>0/M<sup>4)</sup></i> |
| <i>Užitkovost</i>        | <i>kg/ks/den</i> | <b>34,84</b>            | <b>32,32</b>            | <b>33,55</b>            | <b>33,62</b>            |
| <i>Obsah tuku</i>        | <i>%</i>         | <b>3,54</b>             | <b>3,70<sup>a</sup></b> | <b>3,32<sup>a</sup></b> | <b>3,54</b>             |
| <i>Produkce tuku</i>     | <i>kg/ks/den</i> | <b>1,23</b>             | <b>1,20</b>             | <b>1,11</b>             | <b>1,19</b>             |
| <i>Produkce FCM</i>      | <i>kg/ks/den</i> | <b>32,42</b>            | <b>30,89</b>            | <b>30,14</b>            | <b>31,29</b>            |
| <i>Produkce ECM</i>      | <i>kg/ks/den</i> | <b>107,19</b>           | <b>102,80</b>           | <b>100,51</b>           | <b>103,69</b>           |
| <i>Obsah bílkovin</i>    | <i>%</i>         | <b>3,11</b>             | <b>3,22<sup>a</sup></b> | <b>3,04<sup>a</sup></b> | <b>3,12</b>             |
| <i>Produkce bílkovin</i> | <i>kg/ks/den</i> | <b>1,08</b>             | <b>1,04</b>             | <b>1,02</b>             | <b>1,05</b>             |
| <i>Obsah laktózy</i>     | <i>%</i>         | <b>4,90</b>             | <b>4,95</b>             | <b>4,93</b>             | <b>4,97</b>             |
| <i>Produkce laktózy</i>  | <i>kg/ks/den</i> | <b>1,71</b>             | <b>1,60</b>             | <b>1,66</b>             | <b>1,67</b>             |
| <i>Obsah močoviny</i>    | <i>mmol/l</i>    | <b>4,8<sup>c</sup></b>  | <b>4,4<sup>bc</sup></b> | <b>4,6<sup>a</sup></b>  | <b>4,9<sup>ab</sup></b> |

- 1) *Mepron byl součástí diety před i po porodu*
- 2) *Mepron byl součástí diety pouze před porodem*
- 3) *Mepron nebyl podáván*
- 4) *Mepron byl podáván pouze po porodu*

## PŮSOBENÍ LIPIDŮ V DIETĚ NA SYNTÉZU MLÉČNÉHO TUKU

Některé obilniny mají kvůli vysokému obsahu olejů větší vliv na snížení obsahu mléčného tuku, než bychom očekávali z normálního vlivu škrobu na poměr acetátu a propionátu. Obzvláště oves nahý (*Avena sativa* var. *nuda*) obsahuje téměř 2x více lipidů než jiné obiloviny, a velký podíl jich je ve formě C18:1 a C18:2 (GARNSWORTHY, 2002). EKERN et al. (2003) zjistili, že nahrazení ječmene ovsem nahým vedlo k významnému snížení obsahu mléčného tuku. Navíc mléčný tuk obsahoval významně vyšší podíl FA s dlouhým řetězcem, hlavně C18:2, což způsobuje lepší roztíratelnost másla vyrobeného z takového mléka.

Tuky v dietě mohou různým způsobem ovlivnit syntézu mléčného tuku (THOMAS & MARTIN, 1988). Pokud tuky zasahují do normálního trávení vlákniny v bachoru, dojde ke snížení tvorby acetátu a butyrátu a nedostatek prekurzorů v mléčné žláze může vést k redukcii tvorby mléčného tuku „*de novo*“. Na druhou stranu může přídavný tuk zvýšit množství mastných kyselin dostupných pro absorpci a sekreci mléka. Existují také důkazy, že mastné kyseliny s dlouhým řetězcem snižují „*de novo*“ syntézu mastných kyselin v mléčné žláze, i když jsou podávány v chráněné formě kdy neovlivňují fermentaci v bachoru. Ve většině případů při zvýšeném příjmu tuku z diety se sníží podíl C4 – 16 FA v mléčném tuku a zvýší se podíl kyselin s delším řetězcem. Celková tvorba mléčného tuku závisí na relativní velikosti vlivu na syntézu a absorpci, které už jsou ovlivněny ochranou a stupněm nenasycenosti (THOMAS & CHAMBERLAIN, 1984).

Zkrmování tuků v množství do 5 % má zpravidla pozitivní vliv na tvorbu mléčného tuku, protože dochází k hydrolýze tuku na mastné kyseliny, vč. kyseliny octové. Naopak při zkrmování tuků za současného nedostatku hrubé vlákniny dochází následkem snížené hydrolýzy tuku z krmiva a hydrogenaci nenasycených mastných kyselin k nižší tvorbě tuku a změnám v jeho složení. Tuky jsou toxičtější pro bachorové mikroorganismy, když jsou nenasycené. Při krmení celých olejnatých semen vysokoužítkovým dojnicím jsou nepříznivé vlivy na bachorové trávení většinou minimalizovány. Pokud je tuk chráněn formaldehydem nebo jako vápenatý či saponifikovaný výrobek, může působit jako zdroj doplňkové energie a zvyšovat obsah UFA v mléčném tuku. Komplex lipid-vápník nebo lipid-protein je nerozpustný a proto nedegradovatelný při normálním bachorovém pH (6 – 7), ale rozkládá se rychle v kyselém (pH 2 – 3) prostředí slezu.

Jestliže je tukový doplněk, inertní vůči bachorovému prostředí (vysoce saturovaný tuk, vápenatá sůl mastných kyselin palmového oleje nebo ochrana opouzdřením), zařazen do

diety, dodávka mastných kyselin, „předpřipravených“ pro syntézu mléka, se zvyšuje a je také pozorováno odpovídající zvýšení produkce mléčného tuku (STORRY, BRUMBY & DUNKLEY, 1980; CHILLIARD, FERLAY & DOREAU, 2001; THOMAS & MARTIN, 1988). Opačná situace, tedy zkrmování diety se sníženým obsahem tuku, vyvolá snížení produkce mléka i mléčného tuku (VIRTANEN, 1966; STORRY, ROOK & HALL, 1967; BANKS, CLAPPERTON, MORAG & WILSON, 1976). Dietou vyvolané posuny v dodávce lipogenních VFA mohou ovlivnit koncentraci tuku u jednotlivých modelových situací: její vzrůst při zvýšení dodávky, ale výsledkem snížení dodávky může být naopak její nepodstatná redukce.

Když jsou zkrmovány nesaturované tuky, jsou většinou hydrogenizovány v bachoru. Krmení vápenatými mýdly UFA je účinné pouze pokud zůstane pH v bachoru nad 6. V dietách vysokoužitkových dojnic často velká koncentrace rychle fermentovatelného škrobu snižuje bachorové pH pod tuto hodnotu, což má potom za následek jeho štěpení. Pak je nezbytný doplněk krmných pufrů (PHILIPS, 2001).

Pozitivně na koncentraci tuku v mléce působí i obsah kyseliny octové v silážích. Mastné kyseliny obsažené v zelené píce, jaderných krmivech (kukuřice, len, sója) a pokrutinách z olejnin jsou kyseliny s dlouhými řetězci a převážně kyseliny nenasycené. Tyto kyseliny se rovněž podílejí na syntéze mléčného tuku, a to tak, že část těchto kyselin v bachoru hydrogenuje na SFA, a část se resorbuje jako kyseliny nenasycené, které ovlivňují konzistenci mléčného tuku.

Zkrmování okopanin – řepy, cukrovky, brambor, případně brambor pařených i silážovaných – působí rovněž na sníženou tvorbu mléčného tuku. Podobně působí i zkrmování nedokvašené kukuřičné siláže.

MURPHY et al., (1995) ve třech experimentech sledoval vliv zkrmování plnotučných sójových bobů (FFS) a plnotučné řepky (FFR) na složení mléčného tuku a užitkovost krav. V pokuse 1 byly dojnice na pastvě rozděleny do 4 skupin po 15 kusech po dobu 11 týdnů následovně podle doplňků: (1) žádný doplněk (kontrolní), (2) 1,6 kg/ks/den FFS (1,6 FFS), (3) 3,2 kg/ks/den FFS (3,2 FFS) a (4) 3,2 kg/ks/den sójového šrotu (3,2 SBM). Mezi jednotlivými sledováními (skupiny krav 1, 2, 3, 4) nebyl prokázán signifikantní vliv na mléčnou užitkovost a složení mléka. Složení mastných kyselin a obsah pevné složky mléčného tuku byly podobné pro skupiny (1) a (4). Nicméně, zkrmováním obou úrovní FFS se signifikantně snižoval podíl C6:0 ( $P < 0,01$ ), C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C14:1 a C16:1 ( $P < 0,001$ ) a prokazatelně se zvyšoval podíl C18:0, C18:1, C18:2 a C18:3 ( $P < 0,01$ ). V porovnání s kontrolní skupinou (1) zkrmováním FFS se snižoval obsah pevné složky mléčného tuku při teplotách 0, 5 a 10 °C ( $P < 0,001$ ).

V pokuse 2 byly dojnice na pastvě rozděleny do 3 skupin po 15 kusech po dobu 8 týdnů následovně podle doplňků: (1) žádný doplněk (kontrolní), (2) 3 kg/ks/den koncentrátu obsahujícího 275 g/kg FFR (*low* FFR) a (3) 3 kg/ks/den koncentrátu obsahující 550 g/kg FFR (*high* FFR). Oba FFR doplňky prokazatelně zvyšovaly mléčnou užitkovost ( $P < 0,001$ ), produkci bílkoviny ( $P < 0,001$ ) a laktózy ( $P < 0,001$ ). Koncentrace mléčného tuku byla u doplňků prokazatelně snižována ( $P < 0,001$ ). V porovnání s kontrolní skupinou (1) došlo v mléčném tuku při zkrmování obou FFR doplňků k poklesu C4:0 ( $P < 0,01$ ), C14:1 ( $P < 0,05$ ), C6:0, C10:0, C12:0, C14:0 a C18:3 ( $P < 0,001$ ), nárůstu C18:1 ( $P < 0,001$ ) a k redukci obsahu pevné složky tuku při 0, 5 a 10 °C ( $P < 0,01$ ).

V pokuse 3 byly 2 skupiny krav po 33 kusech rozděleny následovně: (1) bez FFR doplňku (kontrolní) a (2) 3 kg/ks/den doplňku obsahujícího 550 g/kg FFR (FFR). Na začátku experimentu byly krávy v průměru 21 dní po otelení (v rozmezí 11 - 44 dní), pokus byl zakončen na konci laktace. Zkrmováním FFR se prokazatelně zvyšovala mléčná užitkovost ( $P < 0,01$ ), produkce laktózy ( $P < 0,01$ ) a snižoval se obsah mléčného tuku ( $P < 0,001$ ). Plodnost a počet mléčných somatických buněk (SCC) ovlivněny nebyly. V porovnání s kontrolní skupinou (1) byl u FFR při 10 °C nižší podíl C16:0 a zároveň se snižoval obsah pevné složky tuku, naopak podíl C18:1 mléčného tuku byl vyšší. Zkrmování FFR nebo FFS kravám na pastvě nemělo nepříznivý vliv na produkci tuku, bílkoviny, laktózy, plodnost či zdraví. Za následek mělo snižování podílu krátkých až středně dlouhých FA, nárůst podílů C 18 FA (zejména C18:1) a měkčí mléčný tuk díky poklesu obsahu pevné složky tuku při nízkých teplotách.

MIYAZAWA et al. (2007) sledovali vliv pivovarského mláta (PM) na bachorovou fermentaci, produkci a složení mléka u krav v laktaci. Šest krav holštýnského plemene v laktaci bylo rozděleno do dvou skupin ( $n = 3$ ) se třemi obdobími (každé 14 dnů) k vyhodnocení bachorové fermentace, produkce a složení mléka krav. Kontrolní dávka obsahovala 14 % nařezaného sena z čiroku sudánského, 24 % kukuřičné siláže, 18 % vojtěškového sena, 34 % jadrné směsi 1 a 10 % jadrné směsi 2 (pšeničné otruby, sojový šrot a bavlníkové semeno). V pokusné krmné dávce, vlhké PM nahradilo směs 2. Populace prvoků, koncentrace amoniakálního dusíku a těkavých mastných kyselin v bachorové tekutině se nelišily mezi kontrolní a pokusnou krmnou dávkou. Molární podíl kyseliny octové byl statisticky vyšší ( $P < 0,05$ ) v pokusné krmné dávce 5 h po nakrmení. Dojivost, obsah bílkovin, laktózy, tukuprosté sušiny a somatických buněk v mléce se nelišily mezi sledovanými krmnými dávkami. Obsah mléčného tuku inklinoval ke zvyšování u pokusné krmné dávky.

Pokusná krmná dávka průkazně zvyšovala proporce C18:0 a C18:1 v mléčném tuku ( $P < 0,01$ ;  $P < 0,05$ , v tomto pořadí) a inklinovala k zvyšování konjugované kyseliny linoleové.

Obecně lze říci, že zkrmování oleje chráněného tuku a ochlupeného bavlníku vede ke zvýšení obsahu tuku v mléce. Zkrmování rostlinných olejů a sójového oleje vede k tukové depresi. Neupravené sójové boby a ochlupené bavlníkové semeno by neměly být dojnicím zkrmovány ve větším množství, než je 2,5 kg na dojnici a den (DREVJANY et al., 2004).

Zastoupení jednotlivých FA ovlivňuje kvalitu mléčného tuku, kterou lze charakterizovat jódovým číslem. Jeho optimální hodnota je 33 – 35. Při krmení mladou zelenou pící je jódové číslo vyšší, v zimním období dochází ke snížení hodnoty jódového čísla. Na složení a kvalitu mléčného tuku má rozhodující vliv druh a obsah tuku v krmné dávce. Čím je v krmné dávce více tuku s obsahem UFA, tím je vyšší i jódové číslo a konzistence mléčného tuku je měkkší. Proto v letním období při zkrmování mladé zelené píce a při pastvě je mléčný tuk s měkkou konzistencí, naopak v zimním období při zkrmování vyšších dávek sena má mléčný tuk tuhou konzistenci. Konzistenci mléčného tuku lze charakterizovat i indexem roztíratelnosti másla – (*Index of spreadability*), který se vyjadřuje jako podíl kyselin olejové a palmitové (C18:1  $\omega$ -9cis/C16:0).

Za poslední čtyři dekády bylo publikováno velké množství přehledů o dietách způsobujících pokles mléčného tuku. Přehledy z první dekády byly zaměřené na roli omezení náhrad substrátů (VAN SOEST, 1963; DAVIS a BROWN, 1970). Přehledy po roce 1980 zdůrazňovaly příčiny multifaktorového rázu snížení mléčného tuku, kdy významnou roli má i glukogen-insulinová teorie (ENGVALL, 1980; BELL, 1980; EMERY, 1988).



## PŮSOBENÍ PUFRŮ NA KONCENTRACI MLÉČNÉHO TUKU

Pufrovací látky ve výživě skotu mají schopnost neutralizovat především kyseliny a zachovat tak optimální prostředí bacheru. Pokud je výživa dojníc správná, stačí většinou k udržení potřebného pH v bacheru pouze endogenní pufrů, které mají dojnice k dispozici v podobě bikarbonátu sodného nebo fosfátů, obsažených ve slinách, nebo VFA a jejich soli, které zajišťují pufrací vliv při nižších hodnotách pH. Pro snížení nebezpečí náhlého poklesu pH, které by vedlo k výskytu acidóz, jsou používány exogenní zdroje pufrů jako je soda, oxid hořečnatý, bentonit sodný aj. Použití sody doporučují DREVJANY et al. (2004) jestliže je v dávce velké množství kukuřičné siláže (přes 50 %), jestliže obsah sušiny dávky klesne pod 50 %, při nízkém obsahu vlákniny (< 19 % NDF), při výrazném poklesu tuku v mléce, když je dávka dlouhého sena nižší než 2 kg, při zkrmování najemno nařezané píce, granulovaného krmiva, vysokých nárazových dávek jádra a při teplotním stresu. Doporučují je přidávat v množství 0,75 % sušiny dávky. Podobně zkrmování oxidu hořečnatého v množství 150 až 180g MgO na kus a den může podle nich odstranit nízký obsah tuku v mléce, zaviněný podáváním vysokých dávek jaderných krmiv. V praxi se má uplatňovat ve směsi 3 díly sody k 1 dílu MgO. Při dávce přesahující 4 % jaderné směsi může snižovat příjem krmiva. Podobně bentonit sodný je vhodný použít u krmných dávek s vysokým obsahem jaderných krmiv při nízké tučnosti mléka, řídké stolici a v případech, kdy zvířata konzumují hlínu. Dávka bentonitu na dojnici a den je 120 až 550 g. O přidání 5 % bentonitu do jaderného krmiva se uvažuje v případech, kdy je nutné zajistit rychlou korekci bacherového prostředí, přídavek 2 % je preventivní (DREVJANY et al., 2004).

### Vliv přídavku pufrů na mléčnou užitkovost a koncentraci mléčného tuku

(DREVJANY et al., 2004)

|                               | Krmná dávka |       |       |       |
|-------------------------------|-------------|-------|-------|-------|
|                               | 1           | 2     | 3     | 4     |
| <i>NaHCO<sub>3</sub> (kg)</i> | 0           | 0,091 | 0,182 | 0,272 |
| <i>MgO (kg)</i>               | 0           | 0,045 | 0,091 | 0,136 |
| <i>Mléčný tuk (%)</i>         | 2,78        | 3,22  | 3,36  | 3,63  |
| <i>Mléko (kg)</i>             | 36,7        | 36,7  | 35,6  | 31,5  |

Obohacení krmné dávky o 225 g sody a 225 g oxidu hořečnatého má příznivější vliv na odstranění tukové deprese než zkrmování každého doplňku jednotlivě. Příznivé výsledky při odstraňování tukové deprese byly rovněž dosaženy obohacením krmné dávky o 9 až 18 kg bentonitu sodného na tunu krmiva, nebo kombinací bentonitu sodného (13,5 kg/t) s oxidem hořečnatým (7 – 8,2 kg/t). Kombinace sody (1,2 %) a vápence (1,4 % KD) v pokusu vedla ke zvýšení obsahu mléčného tuku o 0,27 % při současném poklesu mléčné produkce o 2,18 l ve srovnání s kontrolou (DREVJANY et al., 2004).

## VLIV INSULINU NA KONCENTRACI MLÉČNÉHO TUKU

Insulin je klíčovým regulátorem glukózy a energetické homeostasis, a tedy důležitým podnětem při koordinaci štěpení živin. Mléčná žláza přežvýkavců má neomezené požadavky na insulin pro údržbu normálních buněčných funkcí, ale tyto požadavky čelí relativně nízké koncentraci insulinu v krvi. Denní odchylky v měnící se koncentraci insulinu nemají zjevný vliv na využití glukózy v mléčné žláze, a proto je na mléčnou žlázu přežvýkavců nahlíženo jako na „necitlivou“ vůči insulinu. Jak studie *in vitro* (BAUMAN, INGLE, MELLENBERGER & DAVIS, 1973) tak i *in vivo* (HOVE, 1978a, 1978b; LAARVELD, CHAPLIN & BROCKMAN, 1985) demonstrovaly, insulin nemá žádný výrazný vliv na absorpci glukózy (ZHAO, GLIMM & KENNELLY, 1993). Naproti tomu insulin vykázal akutní regulační vliv na metabolismus jiných tkání, včetně lipogenického a anti-lipolytického vlivu na tukovou tkáň (BAUMAN, 2000; VERNON & SASAKI, 1991). Tyto změny mohou nepřímo ovlivnit dodávku a charakter živin pro mléčnou žlázu.

Role insulinu v koordinaci štěpení živin v těle spočívá v usnadněném ukládání energie v okamžiku, kdy dodávka energie překročí požadavky těla. Pozorované rozdíly mezi reakcí mléčné žlázy na insulin a reakcemi jiných tkání jsou základem pro rozšířený názor, že výsledkem diety vyvolané stimulace uvolňování insulinu z pankreasu bude soutěžení o živiny mezi mléčnou žlázou a na insulin citlivými tělními tkáněmi. Propionát a glukóza vyvolávají sekreci při uvolňování insulinu z pankreasu, a výsledkem podávání diety s nízkým obsahem tuku (LF) je zvýšená produkce propionátu v batoru (SUTTON, 1985) a zvýšený stupeň jaterní glukoneogeneze (ANNISON, BICKERSTAFFE & LINZELL, 1974). A navíc, LF diety mají obecně za následek podstatné zvýšení netto energetické bilance díky vyššímu příjmu a redukci sekrece mléčného tuku. Následkem těchto faktorů je pak zvýšená koncentrace insulinu v krvi.

Na základě dřívějších pozorování, že LF diety snižují obsah mléčného tuku, a hypotézy, že výsledkem MFD (*milk fat depression* = snížení mléčného tuku) jsou „metabolické vlivy na zvýšení podílu glukogenních a neglukogenních produktů trávení takových diet“, testovali VALLACE & McCLYMONT (1959) vliv intravenózní infuze glukózy a glycerolu na koncentraci mléčného tuku. Zjistili dramatický pokles procenta mléčného tuku při infuzi glukózy v množství 2 kg/den. Následně McCLYMONT & Wallace (1962) ukázali, že MFD, vyvolané infuzí glukózy, bylo spojeno se snížením koncentrace volných mastných kyselin a triglyceridů v plasmě. OLSON & VESTER (1960) již dříve zjistili, že insulin potlačil

uvolňování volných mastných kyselin z tukové tkáně. McClymont & Wallace (1962) tedy navrhli teorii, že glukózou vyvolané MFD postihlo sekreci insulinu, což potlačilo uvolňování volných mastných kyselin z tukové tkáně, a což také postupně redukovalo dodávku lipidových prekurzorů do mléčné žlázy. Výsledkem toho byla redukce koncentrace mléčného tuku. Skutečnost, že insulin také stimuluje využití acetátu a butyrátu pro syntézu lipidů v tukové tkáni, byla rovněž zjištěna a glukogeno-insulinová teorie byla pak dále rozpracována (Van Soest, 1963; Ørskov, Flatt, Moe, Munson, Hemzen & Katz, 1969; Jenny, Polan & Thyne, 1974; Annison, 1976 a mnozí další).

**Odhadované množství TMK, produkovaných bachorem krav, krmených KD buď s vysokým nebo nízkým podílem píce (Sutton et al., 1980; Sutton, 1985)**

| <i>Seno:koncentráty</i>                | <i>40:60</i> | <i>10:90</i> | <i>Změna</i> |
|--|--------------|--------------|--------------|
| <i>Mléčná produkce (kg/den)</i>        | 16,1         | 20,6         |              |
| <i>Obsah mléčného tuku (g/kg)</i>      | 44,9         | 20,6         |              |
| <i>Produkce mléčného tuku (kg/den)</i> | 0,72         | 0,42         |              |

**VFA produkované bachorem**

|                          |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|
| <i>Acetát (g/den)</i>    | 2060 | 1470 | -590 |
| <i>Propionát (g/den)</i> | 980  | 1960 | +980 |
| <i>Butyrát (g/den)</i>   | 690  | 520  | -170 |

Glukogeno-insulinová teorie byla testována vnějšími infuzemi propionátu a glukózy. Davis & Brown (1970) shrnuli 13 experimentálních variant, zahrnujících infuzi propionátu, a pozorovali, že vlivy byly vysoce variabilní, kolísající od 0 do 14% redukce mléčného tuku. Při mnohých studiích byly podávány infuze propionátu v množství 1000 g/den nebo více, v množství, které se blížilo denní produkci propionátu u krav, krmených kontrolní dietou.

Novější výzkumy infuzí propionátu ověřily jak variabilitu tak i rozsah reakcí v produkci mléčného tuku (Frobish & Davis, 1977; Thomas, Chamberlain, Martin & Robertson, 1987; Hurtaud, Rulquin & Verite, 1993, 1998; Miettinen & Huhtanen, 1996). Pokud zahrneme i současné údaje, redukce v produkci mléčného tuku je nezávislá na dávce infuze propionátu do bacheru. Podobně Bauman & Grinari (2001) v současnosti sumarizovali 24 různých pokusných variant, zahrnujících infuze glukózy, a zjistili podobnou

variabilitu a rozsah vlivů na produkci mléčného tuku (+4 až -16 %). Role insulinu v regulaci syntézy mléčného tuku byla rovněž testována za použití podkožních injekcí insulinu (SCHMIDT, 1966) nebo nepřetržitými (plynulými) intravenózními infuzemi (THOMAS et al., 1987). Ačkoli byla v tomto pokusu produkce mléka potlačena díky insulinem vyvolané hypoglykémii, produkce mléčného tuku ovlivněna nebyla.

Použití hyperinsulino-euglykemické zábrany umožňuje zkoumání role insulinu bez hypoglykemických komplikací (DeFRONZO, TOBIN & ANDRES, 1979). BAUMAN & GRINARI (2001) zhodnotili údaje z 5 pokusných variant výzkumné skupiny v Cornellu, jež zahrnovaly tento postup u dobře krmených krav v pozitivní energetické bilanci. Cirkulující insulin byl zvýšen přibližně 4x nad základní úroveň a zábrana byla udržována po 4 dny, což umožnilo zhodnocení jak náhlých tak i dlouhotrvajících vlivů. Na základě konstantního stupně glukózové infuze, vyžadující udržení euglykemie, a zřejmého anti-lipolytického vlivu insulinu, indikovaného podle redukce NEFA v krevní plasmě, nebyl zjištěn žádný důkaz o rezistenci insulinu. Vliv na mléčný tuk byl minimální, s redukcí produkce mléčného tuku pouze okolo 5 % v průběhu použití hyperinsulino-euglykemické zábrany.

Energetický stav zvířete je důležitým prvkem v hodnocení regulace produkce mléčného tuku. U dobře krmených krav (v pozitivní energetické bilanci) se odhaduje, že 4 – 8 % mastných kyselin mléka pochází z mastných kyselin, jež jsou mobilizovány z tělesných tukových rezerv (PAMLQUIST & MATTOS, 1978; PULLEN, PALMQUIST & EMERY, 1989). Úroveň redukce v produkci mléčného tuku při hyperinsulino-euglykemické zábraně citovaná výše (v průměru 5 %) je v souladu s vlivem insulinu na tkáňovou mobilizaci. Studie při použití hyperinsulino-euglykemické zábrany na kravách v časně laktaci (10 dní postpartum) byla také provedena na universitě v Cornellu (BAUMAN & GRINARI, 2003). V tomto stadiu laktace reprezentuje mobilizovaný tuk z tělních rezerv podstatnější zdroj mastných kyselin pro syntézu mléčného tuku.

# VLIV MASTNÝCH KYSELIN NA KONCENTRACI A SLOŽENÍ MLÉČNÉHO TUKU

DAVIS & BROWN (1970) uvádějí dvě hlavní příčiny snížení koncentrace mléčného tuku: zvýšení snadno stravitelných uhlovodíků v krmné dávce (spojené s nízkou hladinou efektivní vlákniny) a zkrmování rostlin a rybího oleje s vysokou hladinou PUFA. Rovněž GRIINARI et al. (1998) uvádějí, že dietetární PUFA vedou k potlačení koncentrace mléčného tuku. Navzdory těmto a dalším známým okolnostem není mechanismus snížení mléčného tuku stále plně objasněn (BAUMAN & GRIINARI, 2003).

Základním problémem při popisu příčin snižování obsahu mléčného tuku je ten, že diety (resp. absorbované živiny) jsou komplexem směsí, ve kterých zvýšení v jedné oblasti je nutné vyvážit snížením v oblasti jiné (PARKS, 1982). Např. zvýšení hladiny rychle fermentovatelných sacharidů má tendenci být spojováno s redukcí hladiny vlákniny.

BAUMAN & GRIINARI (2003) poukázali na skutečnost, že rozdíly v bachorových VFA u dávek s nízkým obsahem vlákniny mají odraz spíše ve zvýšené produkci acetátu a butyrátu, takže hypotézy, že tyto jsou limitující pro „*de novo*“ syntézu jsou slabé. A stejní autoři dokazují, že je nepravděpodobné, že předpokládaný vliv kyseliny propionové lze kvantifikovat jako významný.

Je jasné, že některé meziproducty biohydrogenace dietetárních PUFA jsou schopné vyvolat snížení obsahu mléčného tuku: *trans*-10 C18:1 a *trans*-10, *cis*-12 CLA a pravděpodobně i další. Důkazy pro *trans*-10 C18:1 jsou nepřímé, založené na korelacích v obsahu mléčného tuku (GRIINARI et al., 1998), zatímco dostupnost čisté formy *trans*- 10, *cis*-12 CLA znamená, že by mohla být prvně stanovena příčina (BAUMGARD et al., 2001).

Produkce *trans*- 10, *cis*-12 CLA byla spojena se zkrmováním vysoké hladiny koncentrátů - škrobu (BAUMAN et al., 2002; WANG et al., 2002), což se podle KIMA et al. (2000) odráží v charakteru hlavních kultivovatelných bakterií jako známých producentů tohoto izomeru (*Megasphaera elsdemii*). BAUMAN & GRIINARI (2003) ukázali, že hladiny nebo dávky *trans*-10 C18:1 a *trans*-10, *cis*-12 CLA nejsou vždy spojeny s obsahem mléčného tuku a upozorňují, že v těchto pochodech jsou zahrnuty i jiné meziproducty biohydrogenace. Zvláště snížení mléčného tuku spojené se zkrmováním rybího oleje vede ke zvýšení TVA a *cis*-9, *trans*-11 CLA, o kterých se nemá za to, že by byly příčinou snížení mléčného tuku, ale snížení pak vyvolává *trans*-10, *cis*-12 CLA. Za snížení tuku v tomto případě je

pravděpodobně zodpovědná *trans*-10 C18:1, obsah tohoto izomeru se zvýšil z 0 na 1,6 g/100g mléčných FA, jestliže bylo zkrmováno 250g/den rybího oleje (OFFER et al. 1999).

**Vliv infuze *trans*-10, *cis*-12 CLA do slezu na složení mléka  
(PETERSON et al., 2002)**

| Ukazatel                          | <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 CLA (g/den) |                    |                    |                   |
|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|-------------------|
|                                   | 0  | 1,25               | 2,5                | 5,0               |
| <i>Sušina</i> (kg/den)            | 24,2   | 23,0               | 23,0               | 21,4              |
| <i>Nádoj</i> (kg/den)             | 31,3   | 31,4               | 31,5               | 28,9              |
| <i>Tučnost</i> (%)                | 3,12 <sup>a</sup>                            | 2,91 <sup>ab</sup> | 2,60 <sup>bc</sup> | 2,40 <sup>c</sup> |
| <i>Produkce tuku</i> (kg/den)     | 0,97 <sup>a</sup>                            | 0,90 <sup>a</sup>  | 0,81 <sup>ab</sup> | 0,69 <sup>b</sup> |
| <i>Bílkoviny</i> (%)              | 2,66   | 2,62               | 2,62               | 2,75              |
| <i>Produkce bílkovin</i> (kg/den) | 0,83   | 0,82               | 0,81               | 0,78              |

Představa o roli *trans*- mastných kyselin, poprvé navržená DAVISEM & BROWNEM (1970), byla zkoumána v mnoha studiích, publikovaných po roce 1990 (BAUMAN & GRIINARI, 2001). Přehledy, zaměřené na roli *trans*- mastných kyselin jako hlavního krmného faktoru, přispívajícího ke snížené koncentraci mléčného tuku, uvádějí i další autoři (HAGEMEISTER, 1990; ERDMAN 1996, 1999; GRIINARI & BAUMAN, 2001; BAUMAN & GRIINARI, 2003). Na základě výsledků řady pokusů byly vypracovány empirické modely pro produkci mléčného tuku a dalších mléčných složek. Stupeň syntézy mléčného tuku je v modelech určován podle předpokládaného zásobení lipogenních (acetát a butyrát) a glukogenních (propionát) substrátů a podle stupně integrace tukových tkání a tkáně mléčné žlázy do syntézy lipidů, založené na anabolické (insulin) a katabolické (glykogen) hormonální koncentraci (BALDWIN et al., 1994). Selhání empirických modelů pro přesnou predikci redukce mléčného tuku v dietách tuto redukci vyvolávajících ukazuje na důležitost dalších faktorů určujících využití živin. Důkazy o inhibitorním vlivu *trans*- mastných kyselin produkovaných bachorem podporují názor o mnohofaktoriálním zapříčinění redukce mléčného tuku. BAUMANN & GRIINARI (2001) navrhli biohydrogenační teorii jako modifikaci *trans* FA teorie redukce mléčného tuku. Tato modifikace v podstatě přizpůsobuje pozorování, že diety vyvolávající snížení obsahu mléčného tuku jsou spojeny s tvorbou specifických *trans*-18:1 izomerů FA, *trans* 10, C18:1 a nebo příbuzných metabolitů (GRIINARI et al., 1998) s pozorováním, že *trans*-10, *cis*-12 C18:2

(10,12 CLA) je potencionálním inhibítozem mléčného tuku (BAUMGARD et al., 2000a). Zvýšení postruminální dávky 10,12 CLA na 10 g/den vyvolalo 50% redukci produkce mléčného tuku (BAUMGARD et al., 2001), což se blíží k úrovni maximální redukce, pozorované u diet vyvolávajících pokles produkce mléčného tuku.

Biohydrogenační teorie potvrzuje hypotézu, že produkty alternativní cesty bachorové biohydrogenace samy mohou vést k maximální redukci syntézy mléčného tuku u diet snižujících produkci mléčného tuku. Biohydrogenaci považují DEWHURST & LEE (2004) za rozhodující pochod jak pro množství tak pro typ tuku mléka. Uvažují, že se vyvinula po vypořádání se s příjmem chloroplastů, které obsahují vysokou hladinu polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a produkují kyslík. Biohydrogenace je konverze PUFA, zvláště kyseliny  $\alpha$ -linolenové (C18:3) a kyseliny linolové (C18:2) v píci pomocí série meziproductů na nasycenější formy, jako jsou kyseliny vakcenová (*trans*-11 C18:1) a stearová (DEWHURST & LEE, 2004).



## VLIV DIETY NA OBSAH CLA V MLÉCE

Hlavním zdrojem konjugovaných linolových kyselin (CLA) ve výživě lidí jsou potraviny pocházející z přežvýkavců. Zvláštností CLA v tuku přežvýkavců je souvislost s biohydrogenací dieteticky nenasaturovaných mastných kyselin bakteriemi v batoru. CLA jsou meziprodukty biohydrogenace, jsou součástí složek odcházejících z batoru a jsou zabudovávány do mléčného i tělního tuku. Kromě toho, zvířata si syntetizují *cis-9*, *trans-11* CLA z *trans-11* oktadekanové kyseliny, dalšího absorbovaného meziprojektu batorové biohydrogenace. To vyžaduje  $\Delta^2$  – desaturasu, která je přítomna v mléčné tkáni (laktace) a tukové tkáni (růst). Do sledování změny obsahu CLA byly zahrnuty laktující krávy (mléčný tuk). Obsah CLA je měněn dietárními faktory, protože proces biohydrogenace je ovlivněn substráty nenasaturovaných mastných kyselin a změnou prostředí v batoru. Hlavním isomerem zjištěným v tuku u přežvýkavců je *cis-9*, *trans-11* CLA isomer; tento isomer reprezentuje 80 % až 90 % všech CLA v mléčném tuku, avšak její poměr v hovězím loji je menší. Za určitých dietárních podmínek vzrůstá poměr *trans-10*, *cis-12* CLA isomeru. Tudíž, dietární faktory mohou měnit způsob průběhu biohydrogenace v batoru. Z výsledků sledování nádorů prsu na modelu krys je evidentní, že CLA mají antikarcinogenní účinky, jež souvisejí s *cis-9*, *trans-11* CLA isomerem (BAUMAN et al., 1999).

CLA, směs isomerů linolové kyseliny, se vyznačuje řadou prospěšných účinků, včetně poklesu nádorového růstu na modelech zvířat s rakovinovým onemocněním. *Cis-9*, *trans-11* isomer CLA (CLA 9,11) může být tvořen v batoru jako meziprojekt biohydrogenace linolové kyseliny. Poslední fakta, ale naznačují, že tkáňová desaturace *trans*-mastných kyselin je důležitý zdroj CLA 9,11 v mléce. BEAULIEU et al. (2002) zjišťovali vliv doplňku vysoceobilné diety se sójovým olejem (SBO; zdroj kyseliny linolové) na koncentraci CLA v batorovém obsahu a tkáňovém tuku. Čtyři voli s batorovou kanylou byli použiti v designu latinského čtverce s 28 denními periodami. Kontrolní dieta (80 % drcených obilovin, 2 % máčeného zrna, 8 % mletých kukuřičných klasů a 10 % doplňku (sójová moučka, mletá loupaná kukuřice, minerální látky a vitamíny) byla podávána s 2,5, 5,0 nebo 7,5 % SBO. Doplněk SBO neovlivnil batorové pH nebo koncentrace hlavních těkavých mastných kyselin. Zastoupení a množství CLA 9,11 (mg FA/g sušiny batorového obsahu) nenarůstalo se zvyšující se dávkou SBO. Nicméně zastoupení a množství *trans-10*, *cis-12* CLA isomeru (CLA 10,12) lineárně narůstal v batorovém obsahu se zvyšující se dávkou SBO ( $P < 0,006$ ). *Trans-18:1* isomery batorového obsahu lineárně narůstaly ( $P < 0,02$ )

s nárůstem dávky SBO. Zastoupení CLA 10,12 bylo pozitivně korelováno ( $P < 0,001$ ) se zastoupením *trans*-C18:1 bachorového obsahu. Naopak, negativní korelace ( $P < 0,05$ ) byla mezi CLA 9,11 a *trans*-18:1. Stejná vysoce obilná dieta, doplněná o 0 nebo 5 % SBO, byla 102 dní krmena 20 jalovicím za účelem určení vlivu přidaného SBO na ukládání CLA do tkání. Příklad SBO neovlivnil příjem, zastoupení jádra v krmivu či kvalitu porážky. Vzorky tkání byly získávány ze zadní čtvrti, beder, přední čtvrti, jater, tenkého a tlustého střeva a z podkožní, mezenchymální a ledvinové tukové tkáně. Koncentrace CLA 9,11 byla vyšší u podkožní tukové tkáně, ale v žádné tkáni nebyla ovlivněna SBO. Doplněním vysoce obilné diety s SBO se nezvyšovala koncentrace CLA 9,11 v tkáních vykrmovaných jalovic.

CLA je mastná kyselina s četnými zdravotními klady a je přirozeným komponentem potravinářských výrobků z přežvýkavců. Meziproduktem bachorové biohydrogenace je *cis*-9, *trans*-11 CLA, hlavní CLA isomer v mléčném tuku. Avšak, hlavním zdrojem *cis*-9, *trans*-11 CLA v mléce je endogenní syntéza  $\Delta^9$  – desaturázy přeměnou *trans*-11 C18:1, jako dalšího meziprojektu bachorové biohydrogenace. PETERSON et al. (2002) zkoumal individuální rozdílnost zvířat v obsahu *cis*-9, *trans*-11 CLA v mléce a v desaturačních ukazatelích v mléčném tuku. Třicet krav v laktaci bylo rozděleno do 3 pokusných skupin: jedna obdržela standardní TMR, druhá dietu jež zvyšovala obsah CLA mléčného tuku a třetí skupina prostřídala tyto diety v 3 týdenních intervalech 12 týdenní studie. Přestože byla dieta hlavním rozhodujícím faktorem pro obsah CLA v mléčném tuku, byl učiněn závěr, že individuální rozdíly zvířat mají též podstatný vliv. Rozdílnost individuality zahrnuje odlišnost související s biohydrogenací v bachoru i činnosti (aktivitě)  $\Delta^9$  – desaturázy v mléčné žláze.

SCHROEDER et al. (2002), použili 31 krav holštýnského plemene (6 s bachorovou kanylou) k hodnocení složení mléčných FA a obsahu CLA krmných následujícími krmnými dárkami: 1) TMR, 2) Pastva (*Avena sativa L.*) + 6,7 kg PCorn (koncentrát obilnin), 3) Pastva + 4,2 kg PCorn + 0,8 kg Ca soli nenasycených FA. Nebyly prokázány rozdíly v příjmu sušiny TMR (22,4 kg/d) nebo pastvy (18,5 kg/d), pH bachoru, nebo v koncentraci celkových VFA. Tukový doplněk neovlivnil stravitelnost NDF u pastvy. Produkce mléka se mezi 1), 2), a 3) skupinou nelišila (19,9 kg/d), ale pro 4% FCM mléko byla mléčná produkce nižší u krav krmných P<sub>Fat</sub> ve srovnání s kravami krmnými TMR (16,1 vs. 19,5 kg/d) zejména kvůli nízkému obsahu mléčného tuku (2,56 vs. 3,91 %). Mléčné bílkoviny bylo více u krav krmných TMR (pokus 1) než tomu bylo u 2) a 3) (3,70 vs. 3,45 %). Obsah CLA byl v porovnání vyšší pro krávy PCorn pokusu (1,12 g/100 g FA) než pro TMR (0,41 g/100 g FA), kdežto nejvyšší obsah (1,91 g/100 g FA) byl pro P<sub>Fat</sub>. Diety založené na pastvě zvyšovaly zastoupení nenasycených FA dlouhého řetězce a CLA v mléčném tuku. Částečné

nahrazení zrnin Ca solemi UFA u pasoucích se krav tyto změny zdůraznilo. Avšak tyto změny ve složení mléčných FA se vztahovaly k poklesu mléčného tuku.

ABUGHAZALEH et al. (2002), sledovali u 4 kanylovaných prvotetek vliv zkrmování rybího oleje, sójového oleje, nebo jejich kombinací, na profil mastných kyselin mléka a trávení v bachoru. Všechny diety obsahovaly 25 % kukuřičné siláže, 25 % vojtěškového sena a 50 % koncentrátu. Koncentrace CLA (*cis*-9, *trans*-11 CLA) a kyseliny *trans*- vakcenové (TVA) se v mléčném tuku zvyšovaly se všemi tukovými doplňky. Jako u mléčného tuku, proporce bachorových CLA a TVA vzrůstaly s doplňky tuku. Více TVA k poměru CLA v bachoru v porovnání s mlékem indikovalo, že doplňky tuku zvyšovaly koncentrace CLA v mléce především zvýšením bachorové produkce TVA.

KHANAL et al. (2007) ověřoval hypotézu, že krávy na pastvě produkují nejvyšší podíl *cis*-9 *trans*-11 CLA v mléčném tuku a žádného dalšího zvýšení již nelze dosáhnout ani po přidání doplňků bohatých na kyselinu linolovou, jako jsou plnotučné extrudované sójové boby nebo sójový olej. V experimentu 1 bylo použito 18 krav holštýnského plemene v laktaci s měřením od 4 do 6 týdne experimentu. V pokusu 2 byly použity tři kanylované krávy holštýnského plemene v laktaci v 3x3 modelu latinských čtverců. Každé období bylo 4 týdny dlouhé s měřením provedeném v posledním týdnu každého období. Krávy v obou experimentech dostávaly buď: a) - konvenční TMR; b) - pastvu (PS); c) - PS doplněnou o 2,5 kg plnotučných extrudovaných sójových bobů (PES) na krávu a den. V obou experimentech byly měřeny příjem krmiva, dojivost, složení mléka, profil mastných kyselin mléka a krevní sérum, spolu se složením mastných kyselin bakterií získaných z bachorové tráveniny v pokusu 2. V pokusu 3 bylo zařazeno 10 krav, které kontinuálně spásaly pastvinu šest týdnů, rozděleno do dvou skupin, kde jedna skupina (n = 5) měla jen samotnou pastvu (PS) a druhá skupina (n = 5) měla doplněk 452 g sójového oleje na krávu a den po dobu 7 dnů (OIL). V pokusu 1 krávy s PS produkovaly o 350 % více *cis*-9, *trans*-11 CLA ve srovnání s krávami s TMR (1,70 proti 0,5 % tuku), bez dalšího zvyšování u krav s PES (1,5 % tuku). Sérová *cis*-9, *trans*-11 CLA byla zvýšená o 233 % s PS ve srovnání s TMR (0,21 oproti 0,09 % tuku) bez dalšího zvyšování u krav s PES (0,18 % tuku). V experimentu 2 krávy s PS produkovaly o 300 % více *cis*-9, *trans*-11 CLA v mléčném tuku ve srovnání s TMR (1,77 oproti 0,59 % tuku), ale bez dalšího zvyšování u krav s PES (1,84 % tuku). Sérová *cis*-9, *trans*-11 CLA byla zvýšená o 250 % u krav s PS v porovnání s TMR (0,27 oproti 0,11 % tuku), ale bez dalšího zvyšování u krav s PES (0,31 % tuku). Obsah *cis*-9, *trans*-11 CLA v bachorových bakteriích krav byl u PS dávky o 200 % vyšší v porovnání s TMR, ale bez dalšího zvyšování u krav s PES. Doplnění sójovým olejem v experimentu 3 také nezvyšovalo obsah *cis*-9, *trans*-11

CLA v mléčném tuku ve srovnání s kravami, krmenými pouze pastvou (1,60 oproti 1,54 % tuku). Na základě tohoto zjištění bylo usouzeno, že přidávání krmiv bohatých na kyselinu linoleovou, jako například plnotučné extrudované sojové boby nebo srovnatelný obsah sójového oleje, kravám, spásajícím trvalé jílkové pastvy, nemůže zvyšovat obsah *cis-9*, *trans-11* CLA v mléčném tuku.

CHOUINARD et al., (2001) prověřovali vliv různých tukových doplňků a výrobních úprav na obsah CLA v mléčném tuku. V pokuse 1 přídavek Ca solí FA řepkového oleje, sójového oleje a lněného oleje zvyšoval obsah CLA v mléčném tuku troj až pěti násobně ve srovnání s kontrolní krmnou dávkou. V pokusu 2 a 3 byly testovány způsoby tepelného ošetření plnotučné sóji. V pokuse 2 extrudace, mikronizace a pražení způsobily dvoj- až trojnásobně vyšší koncentraci CLA v mléčném tuku oproti kontrolní krmné dávce (syrové tepelně neošetřené mleté sójové boby). V pokuse 3 různé teploty extruze (120, 130 a 140 °C) zvyšovaly obsah CLA v mléčném tuku v podobném rozsahu; obsah CLA byl v průměru 19,9 mg/g FA po procesu extruze v porovnání s 4,2 mg/g FA kontrolní krmné dávky (syrové mleté sójové boby). Rybí olej (200 a 400 ml/d) byl zkoušen v pokuse 4 a obě hladiny měly za následek cca třikrát vyšší obsah CLA v mléčném tuku oproti kontrolní krmné dávce. V pokuse 5 zrno a siláž z vysoce olejnatého kukuřičného hybridu zvyšovaly obsah CLA v mléčném tuku; obsah CLA (mg/g FA) činil v průměru 4,6 mg/g FA u krmné dávky s vysoce olejnatým hybridem a 2,8 mg/g FA u normální hybridu. Podobně krmné doplňky živočišných tukových produktů (lůj + sádlo; pokus 6) měly za následek nárůst obsahu CLA v mléčném tuku. Studie prokázala vliv různých tukových doplňků a způsobů úpravy na zvýšení obsahu CLA v mléčném tuku.

GRINARI et al. (1998) stanovili vliv vegetační fáze (stáří porostu) píče pastvy a přídavku lipidu na obsah CLA mléčného tuku. Šestnáct dojníc v pozdní laktaci bylo rozděleno do dvou skupin a paseno na pastvině s „různou zralostí píče“. Rozdíl ve zralosti píče byl dosažen zpožděním opasení pro rozdílnou skupinu přibližně o jeden týden. Kromě toho navíc, krávy byly rozděleny do 2 skupin (s přídavkem oleje a bez) po třech obdobích (21 dní). Slunečnicový olej (0,3 kg/den) byl krmen ve směsi (1,2 kg/den). Vzorčky mléka byly odebírány poslední 2 dny každé pokusné periody. Obsah CLA (% celkových FA) nebyl ovlivněn vegetační fází píče, narůstal však díky přídavku oleje (0,9 vs. 1,2;  $P < 0,001$ ). Obsah CLA byl nižší v průběhu prvních 3 pastevních období (0,7 vs. 1,3 vs. 1,4;  $P < 0,001$ ).

## ZÁVĚR

Dietní trendy týkající se výživy lidí jsou do značné míry proměnlivé. Jedním z dlouhodobých a potenciálně škodlivých trendů je odmítání nebo snížení konzumace živočišných tuků, přičemž v podstatě neexistují žádné pádné vědecké důkazy o tom, že konzumace živočišných tuků škodí lidskému zdraví více, než konzumace tuků rostlinných (GARNSWORTHY, 2002). Současná generace pod vlivem doporučení ke snížení konzumace mléčných výrobků může být postižena mj. nedostatečným příjmem vápníku. Trendy, upřednostňující polotučné nebo dokonce odstředěné mléko, jsou pravděpodobně nezvratné.

Mléčný tuk je tvořen směsí triacylglycerolů mastných kyselin, fosfolipidy a cholesterolem. Hlavním prekursorem mléčného tuku v mléčné žláze je kyselina octová, která je tvořena v batoru ze strukturálních sacharidů v průběhu batorové fermentace, nebo je výsledkem beta oxidace mastných kyselin tukové tkáně dojnic. Dalšími prekursory mléčného tuku jsou kyselina máselná a beta hydroxymáselná. Pro syntézu mléčného tuku jsou využívány i mastné kyseliny obsažené v krmivech – jadrná krmiva, siláže, senáže. Krmné dávky s optimální koncentrací strukturální vlákniny s dobrými podmínkami pro trávení celulózy jsou zárukou dostatečné tvorby kyseliny octové, a tím i dobré syntézy mléčného tuku.

Tuková složka mléka je relativně snadno ovlivnitelná výživou dojnic. Profil mastných kyselin mléka lze mj. ovlivňovat složením diety a to i přes výrazný vliv biohydrogenačních pochodů v předžaludcích. Jedním ze způsobů jak významně zvýšit obsah MUFA a PUFA v mléčném tuku je použití olejů nebo chráněných či nechráněných semen olejnin. Jako pozitivní se jeví použití lněného semene (obsahujícího vysokou hladinu kyseliny linolenové), slunečnicového, sojového a řepkového semene. Vysoké dávky koncentrovaných krmiv, s vysokým podílem škrobů a rozpustných sacharidů, podporují tvorbu kyseliny propionové a depresivně působí na tvorbu kyseliny octové a tím i na syntézu mléčného tuku. Zkrmování okopanin – řepy, cukrovky, brambor, zvláště pak brambor pařených a silážovaných, působí rovněž na sníženou tvorbu mléčného tuku.

Specifickou předností mléčného tuku přežvýkavců je obsah konjugované kyseliny linolové (CLA), která má řadu příznivých fyziologických účinků. Za rozhodující jsou momentálně považovány antiatherogenní a antikarcinogenní vlivy. Jedná se jednak o produkt batorové hydrogenace a z větší části o výsledek enzymatického procesu, při kterém je ze substrátu - kyseliny vakcenové - tkáňovou  $\Delta^9$  - desaturázou vytvářen izomer *cis-9*, *trans-11*

CLA. Množství a složení mléčného tuku dojníc lze – z hlediska požadavků humánní výživy (obsah CLA, množství UFA a SFA, poměr  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 FA) – částečně ovlivnit jejich dietou. Z hlediska propagace spotřeby mléčných výrobků má navýšení obsahu CLA a zlepšení profilu mastných kyselin i krmnou dávkou zvířat značný význam.

Za hlavní prekurzor syntézy mléka a mléčného tuku je dosud považována kyselina octová, vznikající při fermentaci vlákniny krmné dávky v bachoru přežvýkavců. Obsah a charakter vlákniny je zatím nejdůležitějším ukazatelem obsahu tuku v mléce. Poměr lipogenních a glukogenních substrátů, zejména poměr acetátu ku propionátu určuje obsah mléčného tuku. Krmné dávky, obsahující vysoké procento koncentrátů, jež mohou prudce snížit hodnotu pH, omezují činnost celulolytických bakterií, a tím i trávení vlákniny a koncentraci mléčného tuku. Tuto situaci částečně řeší zařazení pufrů, (soda, oxid hořečnatý, bentonit). Obsah mléčného tuku začíná výrazně klesat pokud podíl objemné píce klesne pod 40 % sušiny krmné dávky, resp. když KD obsahuje méně než 300 g NDF na kg sušiny. K nízkotučnému mléku může i při dodržení těchto poměrů vést pastva nebo nedostatečná struktura píce (velikost částic pod 0,8 cm). Vhodnou krmnou technikou, řešící problematiku vysokých dávek jadrných krmiv, je zkrmování TMR nebo ve vazných stájích podávání koncentrátů v menších dávkách 4 – 6x denně. Syntézu mléčného tuku rovněž omezují nízkoenergetické krmné dávky. Diety s vysokým obsahem proteinů snižují obsah mléčného tuku při současném zvýšení mléčné užitkovosti.

Zkrmování nenasurovaných tuků působí na bachorové organizmy toxičtěji než použití tuků saturevaných, případně tuků chráněných. Rovněž zkrmování celých olejnatých semen minimalizuje nepříznivé vlivy na bachorové trávení.

Chráněné (*by-pass*) tuky mohou působit jako zdroje energie a zvyšovat obsah nenasycených mastných kyselin v mléčném tuku.

Pokles koncentrace mléčného tuku byl vysvětlován několika teoriemi. Nejprve se jednalo o teorie, založené na roli substrátu. Po roce 1980 byly zdůrazňovány příčiny multifaktoriálního rázu deprese mléčného tuku, což vyústilo v teorii glukogeno-insulinovou. Po roce 1990 jsou zkoumány role *trans*- mastných kyselin jako hlavního krmného faktoru, přispívajícího k nízké úrovni mléčného tuku, a současně je v této souvislosti posuzována role biohydrogenace. Za meziprodukty biohydrogenace dietetárních PUFA, vyvolávajících snížení obsahu mléčného tuku, jsou považovány kyseliny *trans*-10 C18:1, *trans*-10, *cis*-12 CLA a pravděpodobně i další. Důkazy pro *trans*-10 C18:1 jsou nepřímé, založené pouze na korelacích s obsahem mléčného tuku. Naproti tomu dostupnost *trans*-10, *cis*-12 CLA znamená možnost stanovení jejího přímého účinku, resp. stanovení příčiny snížení obsahu

tuku. Studie z posledních let (např. ERDNAM, 1996, 1999; GRINARI & BAUMAN, 2001; BAUMAN & GRINARI, 2003) přisuzují *trans*- mastným kyselinám roli hlavního krmného faktoru, přispívajícího ke snížené koncentraci mléčného tuku. Na základě výsledků řady pokusů byly vypracovány empirické modely pro produkci mléčného tuku a dalších mléčných složek. Stupeň syntézy mléčného tuku je v modelech určován podle předpokládaného zásobení lipogenních (acetát a butyrát) a glukogenních (propionát) substrátů a podle stupně integrace tukových tkání a tkáně mléčné žlázy do syntézy lipidů, založené na anabolické (insulin) a katabolické (glykogen) hormonální koncentraci. Důkazy o inhibičním vlivu *trans*-mastných kyselin, produkovaných bachorem, podporují názor o mnohofaktoriálních příčinách redukce obsahu mléčného tuku. Biohydrogegnace je považována (DEWHURST & LEE, 2004) za rozhodující pochod jak pro množství, tak i pro typ mléčného tuku.

Praktické možnosti ovlivnění úrovně mléčného tuku jsou uvedeny v následující tabulce:

| <b>METODA</b>   | <b>KOMENTÁŘ</b>  |
|---|--|
| <i>Zlepšení struktury KD – podílu efektivní strukturní vlákniny</i>                                     | Velikost většiny částic siláží 10 – 20 mm, 20 % částic delších než 4 cm  |
| <i>Zvýšení obsahu dusíkatých látek při jejich deficitu</i>  | Dle užítkovosti na úroveň 16 – 18 % sušiny KD  |
| <i>Snížení příjmu nestrukturálních sacharidů na 30 – 40 % sušiny KD</i>                                 |  |
| <i>Zařazení chráněných aminokyselin</i>   | Se stoupající koncentrací mléčné bílkoviny většinou stoupá i koncentrace mléčného tuku   |
| <i>Malé dávky nasycených tuků</i>   | Mírné zvýšení  |
| <i>Zvýšení podílu objemné píče nad 50 – 60 % ze sušiny KD</i>   | Méně než 50 % sušiny objemných krmiv – pravděpodobné snížení<br>Zachování optimálního poměru bachorových kyselin (65:20:5)                   |
| <i>Povýšení obsahu hrubé vlákniny nad 17 % sušiny KD, NDF nad 27 – 28 % a ADF nad 21 % ze sušiny KD</i> | Snížení podílu koncentrovaných krmiv, dojnice žvýkají 11 – 13 hod, denně, běžně žvýká 60 % dojnic<br>Snížená úroveň vlákniny – zařadit pufry |
| <i>Zkrmování koncentrátu jako součásti TMR</i>  | Při samostatném krmení jádrná krmiva podávat 3 – 4x denně, max. v dávce 3  |

|  |  |
|--|--|
|  | <b>kg/ks/den</b><br><b>Jadrná krmiva nešrotovat nejemno</b><br><b>Podíl kukuřice, resp. pšenice nižší než 40 –</b><br><b>50 %, pšenice pod 30 % jadrných krmiv</b> |
|--|--|



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABUGHAZALEH, A.A., SCHINGOETHE, D.J., HIPPEN, A.R., KALSCHUR, K.F., WHITLOCK, L.A. (2002): Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. *J. Dairy Sci.* 85. 2266-2276.

AHRNÉ, L., BJÖRCK, L. (1985): Lipolysis and the distribution of lipase activity in bovine milk in relation to stage of lactation and time of milking. *J. Dairy Res.* 52: 55 – 64

ANNISON, E.F., BICKERSTAFFE, R., LINZELL, J.L. (1974): Glucose and fatty acid metabolism in cows producing milk of low fat content. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 82: 87 – 95

ANNISON, E.F. (1976): Energy utilisation in the body. In: *Principles of cattle Production* (Ed H. Swan. W.H. Broster) pp. 169 – 199. Butterworths: London

AYADI, M., CAJA, G., G., SUCH, X., ROVAI, M., ABANELL, E. (2004): Effect of different milking intervals on the composition of cisternal and alveolar milk in dairy cows. *J. Dairy, Res.* 71: 304 - 310

BALDWIN, R.L., EMERY, R.S., McNAMARA, J.P. (1994): Metabolic relationships in the supply of nutrients for milk protein synthesis: integrative modelling. *J. Dairy Sci.* 77: 2821 – 2836

BAUMAN, D.E., BAUMGARD, D.E., CORL, B.A., GRINARI, J.M. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science.* 1-15.

BANKS, W., CLAPPERTON, J.L., GIRDLER, A.K., STEELE, W. (1984): Effect of inclusion of different forms of dietary fatty acid on the yield and composition of cow's milk. *J. Dairy Res.* 51: 387 – 395

BAUMAN, D.E., INGLE, D.L., MELLENBERGER, R.W., DAVIS, C.L. (1973): Factors affecting in vitro lipogenesis by bovine mammary tissue slices. *J. Dairy Sci.* 56: 1520 – 1525

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

BAUMAN, D.E., GRINARI, J.M. (2003): Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition* 23. 203 – 227

BAUMGARD, L.H., CORL, B.A., DWYER, D.A., SAEBO, A., BAUMAN, D.E. (2000a): Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology* 278: R179 – R184

BAUMGARD, L.H., SANGSTER, J.K., BAUMAN, D.E. (2001): Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition* 131: 1764 – 1769

BEAULIEU, A.D., DRACKLEY, J.K., MERCHEN, N.R. (2002): Concentrations of conjugated linoleic acid (*cis*-9, *trans*-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. *J. Anim. Sci.* 80. 847-861.

BELL, A.W. (1980): Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. *Progress in Lipid Research* 18. 117 – 164

DAVIS, C.L., BAUMAN, D.E. (1970): General metabolism associated with the synthesis of milk fat. In: *Lactation: A Comprehensive Treatise*. Vol. 2. (Ed B.L. Larson, V.R. Smith) pp 3 – 30. Academic Press: New York, NY, USA

DAVIS, C.L., BROWN, R.E. (1970): Low-fat milk syndrome. In: *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant* (Ed A.T. Phillipson) pp 545 – 565. Oriel Press: Newcastle Upon Tyne, UK

DREVJANY, L., KOZEL, V., PADRŮNĚK, S. (2004): *Holštýnský svět*, 344 s.

deFRONZO, R.A., TOBIN, J.D., ANDRES, R. (1979): Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. *American Journal of Physiology* 237: E214 – 223

deKÖNING, K., SLAGHUIS, B., van der VORST, Y. (2003): Robotic milking and milk quality. Effects on bacterial counts, somatic cell counts, freezing points and free fatty acids. *Ital. J. Anim. Sci.* 2 : 291 – 299

EKERN, A., HAVREVOLL, Ø., HAUG, A., BERG, J., LINSTAD, P., SKEIE, S. (2003): Oat nad barley based concentrate supplements for dairy cows. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci* 53: 65 - 73

EMERY, R.S. (1988): Milk fat depression and the influence of diet on milk composition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 4: 289 - 305

ENGVALL, A. (1980): Low milk fat syndrome in Swedich dairy cows. *Acta Veterinaria Scandinavica* 72: 1 – 124

ERDMAN, R. (1996): Milk fat depression: Some new insights. In: *Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference* pp 1 – 16. Fort Wayne, IN, USA

ERDMAN, R. (1999): Trans fatty acids and fat synthesis in milk. In *Proceedngs of the Southwest Nutrition and Managemen. Conference*, pp 113 – 125. University of Arizona, Tucson, USA

FROBISH, R.A., DAVIS, C.L. (1977): Effects of abomasal infusions of glucose and propionate on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 60: 204 – 209

GARNSWORTHY, P.C., WISEMAN, J.(2002): Recent developments in ruminant nutrition 4, p.600

GARNSWORTHY, P.C., WISEMAN, J.(2003): Recent advances in animal nutrition, p.207

GRIINARI, J.M., DWYER, D.A., McGUIRE, M.A., BAUMAN, D.E., PALMQUIST, D.L., NURMELA, K.V.V. (1998): Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1251 - 1261

GRIINARI, J.M., BAUMAN, D.E. (2001): Production of low fat milk by diet induced milk fat depression. *Advances in Dairy Technology. Proceedings of the Western Canadian Dairy Seminar – Red Deer, Alberta, Canada.* (Ed J. Kennelly) pp 197 – 212. University of Alberta: Edmonton, Canada.

GRIINARI, J.M., NURMELA, K., SAIRANEN, A., NOUSIAINEN, J.I., KHALILI, H. (1998): Effect of dietary sunflower oil and pasture forage maturity on conjugated linoleic acid (CLA) content in milk fat from lactating dairy cows. *J. Anim. Sci. Vol 76, Suppl. 1/J. Dairy Sci. Vol 81, Suppl. 1/, 300*

HAGEMEISTER, H., PRECHT, D., BARTH, C.A. (1988): Fetteinsatz in der Milchviehfütterung unter besonderer Berücksichtigung der im Pansen entstehenden trans-Fettsäuren. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 42: 271 - 280*

HOVE, K. (1978): Maintenance of lactose secretion during acute insulin deficiency in lactating goats. *Acta Physiologica Scandinavica 103: 173 – 179*

HOVE, K. (1978): Effects of hyperinsulinemia on lactose secretion and glucose uptake by the goat mammary gland. *Acta Physiologica Scandinavica 104: 422 - 430*

HURTAUD, C. RULQUIN, H., VERITE, R. (1993): Effects in infused volatile fatty acids and caseinate on milk composition and coagulation in dairy cows. *J. Dairy Sci. 76: 3011 - 3020*

HURTAUD, C. RULQUIN, H., VERITE, R. (1998): Effects of level and type of energy source (volatile fatty acids or glucose) on milk yield, composition and coagulating properties in dairy cows. *J.Dairy Sci. 76: 3011 - 3020*

HUTJENS, M.(2006): Nejnovější poznatky ve výživě a managementu chovu dojnic, 19. ZEA-HOVORY, Zea Sedmihorky 17. – 18.10. 2006

CHILLIARD, Y., FEARAY, A., DOREAU, M. (2001): Effect of different types of forages animal fat or marine oils in the cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science 40: 31 - 48*

CHOUINARD, P.Y., CORNEAU, L., HITLER, W.R., CHILLIARD, Y., DRACKLEY, J.K., BAUMAN, D.E. (2001): Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J. Dairy Sci.* 84. 680-690

ILLEK, J. (1998): Vliv výživy dojnic na kvalitu mléka. In: Kudrna, V. a kol.: *Produkce krmiv a výživa skotu*. Agrospoj Praha, 1998, s. 262

JENNY, B.F. POLAN, C.E. THYE, F.W. (1974): Effects of high grain feeding and stage of lactation on serum insulin, glucose and milk fat percentage in lactating cows. *Journal of Nutrition* 104. 379 - 385

JUSTESEN, P., RASMUSSEN, M.D. (2000): Improvements of milk quality by the Danish AMS self-monitoring programme. Pages 83 – 88 in proc. Int. Symp. Robotic Milking, Lelystad, The Netherlands

KHANAL, R.C., DHIMAN, T.R., BOMAN, T.R., McMAHON, D.J. (2007): Influence of supplementing dairy cows grazing on pasture with feeds rich in linoleic acid on milk fat conjugated linoleic acid (CLA) content. *Asian- Australasian J. Anim. Sci.* 20. 1374-1388.

KLUNGEL, G.H., SLAGHUIS, B.A., HOGVEEN, H. (2000): The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *J. Dairy Sci.* 83: 1998 - 2003

LAARVELD, B., CHAPLIN, R.K., BROCKMAN, R.P. (1985): Effects of insulin on the metabolism of acetate  $\beta$ -hydroxybutyrate and triglycerides by the bovine mammary gland. *Comparative Biochemistry and Physiology* 82B: 265 - 267

McClymont, G.L., Vallance, S. (1962): Depression of blood glycerides and milk-fat synthesis by glucose infusion. *Proceedings of Nutrition Society* 21:xli-xlii (Abstr).

Miettinen, H., Huhtanen, P. (1996): Effects of the ratio of ruminal propionate to butyrate on milk yield and blood metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79: 851 – 861

MIYAZAWA, K., SULTANA, H., HIRATA, T., KANDA, S., ITABASHI, H. (2007): Effect of brewery grain on rumen fermentation, milk production and milk composition in lactating dairy cows. *Anim. Sci. J.* 78. 519-526.

MURPHY, J.J., CONNOLLY, J.F., MCNEILL, G.P. (1995): Effects on cows performance and milk fat composition of feeding full fat soybeans and rapeseeds to dairy cows at pasture. *Livestock Prod. Sci.* 44. 13-25.

NOCEK, J.E., TAMMINGA, S. (1991): Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J.Dairy Sci.* 74: 3598 - 3629

OLSON, R.E., VESTER, J.W. (1960): Nutrition-endocrine relationships in the control of fat transport in man. *Physiological Rev.* 40: 677 – 681

ØRSOV, E.R., FLATT, W.P., MOE, P.W., MUNSON, A.W., HEMKEN, R.W., KATZ, J. (1969): The influence of ruminal infusion of volatile fatty acids on milk yield, composition and on energy utilization by lactating cows. *British Journal of Nutrition* 23. 433 – 453

PALMQUIST, D.L., MATTOS, W. (1978): Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat of dietary (1-Carbon-14) linoleic acid in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 61. 561 – 565

PETERSON, D.G., KELSEY, J.A., BAUMAN, D.E. (2002): Analysis of variation in *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85. 2164-2172.

PHILLIPS, C.J.C. (2001): Principles of cattle production, 278 p.

PIRLO, G., BERTONI, G., GIANGACOMO, R. (2004): Introduction of AMS in Italian dairy herds: Effects on cow performances and milk quality in a herd of Grana Padano area. Pages 335 – 340 in *A better zunderstanding – Automatic Milking*. A MEIJERING, H. Hogeveen, and C.J.A. M deKoning, ed Wageningen Academic, Wageningen, The Netherlands

PULLEN, D.L., PALMQUIST, D.L., EMERY, R.S. (1989): Effect on days of lactation and methionine hydroxy analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides. *J Dairy Sci.* 72: 49 - 58

REYNOLDS, C.K., HARMON, D.L., CECAVA, M.J. (1994): Absorption and delivery of nutrients for milk protein synthesis by portal-drained viscera. *J.Dairy Sci.* 777: 2787 – 2808

REYNOLDS, C.K., SUTTON, J.D., BEEVER, D.E. (1997): Effects of feeding starch to dairy cattle on nutrient availability and production. Pages 105 – 134 in *Recent Advances in Animal Nutrition*, Proc. 30th University of Nottingham Conference for Feed manufactures. P.C. Garnsworthy and J. Wiseman eds. University of Nottingham Press, Nottingham, United Kingdom

REYNOLDS, C.K., CAMMELL, S.B., HUMPHREIES, D.J., BEEVER, D.E., SUTTON, J.D., NEWBOLD, J.R. (2001): Rffect of postrumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. *J Dairy Sci.* 84: 2250 - 2259

SARPU, A., BARBANO, D.M., YUN, J.J., KLEI, L.R., OLTENACU, P.A., BANDLER, D.K. (1997): Cheddar cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. *J. Dairy Sci.* 80: 437 – 446

SHIPE, W.R., SENYK, G.F., FOUNTAIN, K.B. (1980): Modified copper soap solvent-extraction method for measuring free fatty acids in milk. *J. Dairy Sci* 63: 193 – 198

SCHMIDT, G.H. (1966): Effect of insulin on yield and composition of milk dairy cows. *J Dairy Sci.* 49: 381 - 385

SCHROEDER, G.F., DELAHOY, J.E., VIDAURRETA, I., BARGO, F., GAGLIOSTRO, G.A., MULLER, L.D. (2003): Milk fatty acid composition of cows fed a total mixed ration or pasture plus concentrates replacing corn with fat. *J. Dairy Sci.* 86. 3237-3248.

SLAGHUIS B.A., BOS, K., DE JONG, O., TUDOS, A.J., TE GIFFEL M.C., DE KONING, C.J.A.M. (2004): Robotic milking and free fatty acids. Pages 341 – 347 in *A better Understanding- Automatic Milking*. A Meijering, Hogeveen, H., de Koning, C.J.A.M., ed. Wageningen Academic Wageningen, The Netherlands

SOMMER, A., PETRIKOVIČ, P. (2003): K problému výživy vysokoprodukčních dojnic. Agro-magazín 11/2003 s.32 - 35

STELWAGEN, K. (2001): Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. J. Dairy Sci. 84 (E Suppl.) E204 – 211

STORRY, J.E., BRUMBY, P.E., DUNKLEY, W.L. (1980): Influence of nutritional factors on the yield and content of milk fat. Protected non-polyunsaturated fat in the diet. International Dairy Federation Bulletin 125: 105 – 125

STORRY, J.E., ROOK, J.A.F., HALL, A.J. (1967): The effect of the amount and type of dietary fat on milk fat secretion in the cow. British Journal of Nutrition 21: 425 – 438

SUTTON, J.D. (1985): Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci 68: 3376 - 3393

SVENNERSTEN-SJAUNJA, K., PERSSON, K.S., WIKTORSSON, H. (2002): The effect of milking interval on milk yield, milking composition and raw milk quality. Pages v-43-V-48 in Proc. Int. Symp. The First North American Conference on Robotic Milking, Toronto, ON, Canada

THEURER, C.B., HUBER, J.T., DELGADO-ELORDUY, A., WANDERLAY, R. (1999): Invited review. Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 1950 – 1959

THOMAS, P.C., CHAMBERLAIN, D.G., MARTIN, P.A., ROBERTSON, S. (1987): Dietary energy intake and milk yield and composition in dairy cows. In: Energy Metabolism of Farm Animals (Ed P.W. Moe, H.F. Tyrrell and P.J. Reynolds) pp 18 – 21. Rowman and Littlefield: Lanham, MD, USA

THOMAS, P.C., CHAMBERLAIN, D.G. (1984): Manipulation of milk composition to meet market needs. In: Recent Advances in Animal Nutrition (Ed W. Haresign and D.J.A. Cole) pp 97 – 118. Butterworths: London, UK



THOMAS, P.C., MARTIN, P.A. (1988): The influence of nutrient balance on milk yield and composition. In: Nutrition and Lactation in the Dairy Cow. (Ed P.C. Garnsworthy) pp 97 – 118. Butterworths: London, UK

Van SOEST, P.J. (1963): Ruminant fat metabolism with particular reference to factors affecting low milk fat and feed efficiency. A review. J. Dairy Sci. 46: 204 – 216

VIRTANEN, A.I. (1966): Milk production of cows on protein-free feed. Science 53: 1603 – 1614

WIKING, L., NIELSEN, J.H., BAVIUS, A.K., EDVARDSSON, SVENNERSTEN-AJAUNJA, K. (2006): Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. J. Dairy Sci. 89: 1004 - 1009

WIKTORSSON, H., SVENNERSTEN-SJAUNJA, K., SALOMONSSON, M. (2000): Short or irregular milking intervals in dairy cows – Effects on milk quality, milk composition and cow performance. Pages 126 – 129 in Proc. Int. Symp. Robotic. Milking, Lelystad, The Netherlands

WILKERSON, V.A., GLENN, B.P., MCLEOD, K.R. (1997): Energy and nitrogen balance in lactating cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. J. Dairy Sci. 80. 2487 – 2496

ZHAO, F-Q., GLIMM, D.R., KENNELLY, I.J. (1993): Distribution of mammalian facilitative glucose transporter messenger mRNA in bovine tissues. International Journal of Biotechnology 25. 1897 - 1903