

## PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS ÀS ALTERAÇÕES NO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NA GORDURA DO LEITE DE RUMINANTES

*(Main aspects related to changes in the profile of fatty acids in ruminant milk fat)*

OLIVEIRA, S.G.; SIMAS, J.M.C.; SANTOS, F.A.P.

USP/ESALQ – Depto. De Produção Animal, C.P. 9- 13428-900 – Piracicaba, SP.

**RESUMO** – A busca por recursos que possibilitem aos animais atingir o seu potencial de produção é uma constante na área de pesquisa animal. A suplementação com lipídeos é uma estratégia que possibilita, além de benefícios ao desempenho animal, alterar características relacionadas principalmente ao perfil da gordura de produtos de origem animal. No entanto, os lipídeos fornecidos na dieta são modificados no rúmen sofrendo um processo de saturação através da lipólise e biohidrogenação, sendo esses os primeiros mecanismos de alteração dos ácidos graxos (AG) presentes na dieta. O aumento na proporção de ácidos graxos insaturados nos produtos de origem animal, em especial o ácido linoléico conjugado (CLA), está diretamente ligados à manipulação do ambiente ruminal, assim como outros recursos que propiciem uma sua maior incorporação. A produção dos isômeros de CLA no rúmen é altamente dependente do ambiente ruminal, onde dietas que causem uma redução no pH ruminal podem se constituir em estratégia para a proteção de fontes suplementares de lipídeos insaturados (óleos) contra a biohidrogenação. São atribuídas diferentes funções no organismo aos isômeros de CLA, sendo ao *cis*-9, *trans*-11 C18:2 a responsabilidade pela inibição no crescimento de tumores, redução de doenças cardiovasculares e estímulo ao sistema imune, enquanto os isômeros *cis*-8, *trans*-10 C18:2 e *trans*-10, *cis*-12 C18:2 possuem ação sobre determinadas enzimas responsáveis pela síntese de gordura na glândula mamária, reduzindo assim sua produção e concentração no leite.

**Palavras chaves:** biohidrogenação, CLA, lipídeos, lipólise, ruminantes

**ABSTRACT** – The search for resources that allow animals to reach their production potential is constant in animal research. Lipid supplementation is a strategy that, besides enhancing animal performance, also changes characteristics related to the fat profile of animal products. However, lipids supplied by the diet are submitted to changes, undergoing saturation through lipolysis and biohydrogenation, which are the first mechanisms of change of the dietary fatty acids (FA). The increase in the proportion of unsaturated fatty acids in animal products, particularly of conjugated linoleic acid (CLA) is directly related to the manipulation of the rumen environment, as well as other resources allowing its higher incorporation. The production of CLA isomers is largely dependent on the ruminal environment, where diets causing pH reduction may be used as a strategy to protect unsaturated fat (oil) supplements against biohydrogenation. Different functions are attributed to CLA isomers in the organism: *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> is responsible for the inhibition of tumors, reduction of cardiovascular diseases, and stimulation of the immune system, whereas *cis*-8, *trans*-10 C<sub>18:2</sub> and *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> act on some enzymes that are responsible for fat synthesis in the mammary gland, thus reducing their production and concentration in the milk.

**Key words:** biohydrogenation, CLA, lipids, lipolysis, ruminants.

## Introdução

Os lipídeos em dietas de ruminantes estão presentes principalmente na forma esterificada como mono e digalactoglicerídeos em forragens e como triglicerídeos em alimentos concentrados. Segundo PALMQUIST e JENKINS (1980) cerca de 3 a 5 % de gordura pode ser adicionada a dieta para aumentar a ingestão de energia em vacas de alta produção e/ou reduzir o consumo de amido, possibilitando aumentar a relação forragem:concentrado da dieta e reduzir a incidência de distúrbios na fermentação ruminal causados pelo excesso de carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen.

A classe de alimentos funcionais, caracterizada por possuir propriedades específicas benéficas à saúde humana, além fornecer nutrientes para o metabolismo (CORL *et al.*, 2001, ALBERTAZZI e COUPLAND, 2002), vêm sendo objeto de grande interesse pela pesquisa. Os AG poliinsaturados, como os da série ômega-3 e o ácido linoléico conjugado (CLA), estão relacionados à redução na incidência de doenças cardiovasculares, prevenção e tratamento de tumores (TAPIERO *et al.*, 2002) e prevenção da osteoporose (ALBERTAZZI e COUPLAND, 2002).

No entanto, a gordura presente na carne e no leite de ruminantes recebe uma série de restrições por possuir, reconhecidamente, alta proporção de AG saturados que, por sua vez, estão associados a uma gama de distúrbios, como doenças cardio-vasculares. A causa da presença em maior quantidade desses AG saturados está relacionada à ocorrência de algumas modificações da gordura presente na dieta no trato gastrointestinal desses animais.

Vários autores (AVILA *et al.* 2000, REKLEWSKA *et al.*, 2002, LOOR *et al.*, 2002) desenvolveram ensaios utilizando vacas em lactação submetidas a dietas com diversas fontes de gordura, diferindo em sua composição de ácidos graxos (AG), e artifícios que provocassem alterações no metabolismo do rúmen e o seu efeito sobre

a composição de AG da gordura do leite.

O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações nos lipídeos da dieta, alterando com isso sua composição e o perfil de ácidos graxos que chega ao duodeno. Essas alterações são decorrentes, principalmente, dos processos de lipólise e de biohidrogenação.

Dessa forma, o objetivo desta revisão é abordar os principais aspectos relacionados à modificação nos lipídeos através do metabolismo ruminal e conseqüentemente a incorporação de AG poliinsaturados na gordura do leite de ruminantes.

## Lipólise e biohidrogenação

No rúmen ocorre uma extensa hidrólise dos lipídeos esterificados da dieta, onde triglicerídeos, galactolipídeos e fosfolipídeos pela ação de lipases dos microrganismos, liberam ácidos graxos livres permitindo que a galactose e o glicerol sejam fermentados a ácidos graxos voláteis. A lipólise corresponde ao início do processo de metabolismo dos lipídeos no rúmen, sendo imprescindível para que ocorra a biohidrogenação (HARFOOT e HAZLEWOOD, 1988).

Segundo CHURCH (1993) nem todas as bactérias possuem atividade lipolítica, o mesmo acontecendo com os protozoários do rúmen. As bactérias responsáveis pela biohidrogenação podem ser divididas em dois grupos. O primeiro grupo é responsável pela biohidrogenação do ácido linoléico ( $C_{18:2}$ ) e ácido linolênico ( $C_{18:3}$ ) a ácido transvacênico (*trans*-11  $C_{18:1}$ ), com pequenas quantidades de outros isômeros. Este grupo parece ser incapaz de biohidrogenar AG  $C_{18:1}$  a ácido esteárico ( $C_{18:0}$ ). As bactérias do segundo grupo, ao contrário das bactérias do primeiro, são capazes de biohidrogenar uma grande extensão de *cis* e *trans*  $C_{18:1}$  a  $C_{18:0}$  (DEMEYER e DOREAU, 1999).

O passo inicial para a biohidrogenação é uma reação de isomerização que converte a dupla ligação *cis*-12 no ácido graxo insaturado para o seu isômero *trans*-11 (FIGURA 1). A isomerase não é funcional a menos que o ácido graxo esteja na forma livre, o que ocorre no caso de ácidos graxos

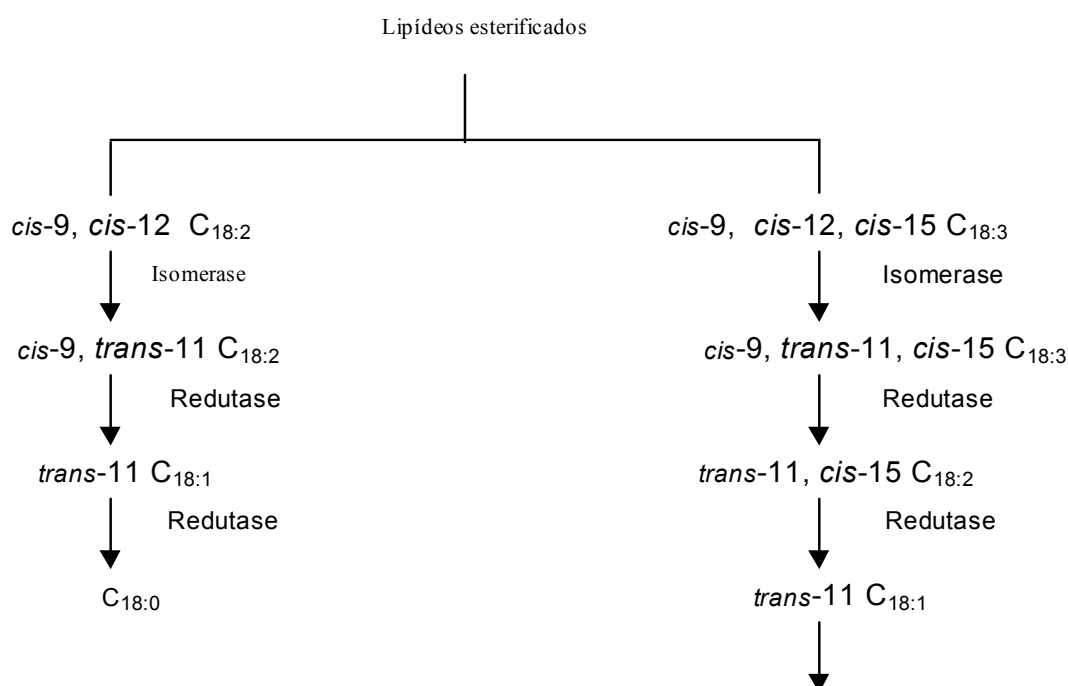
poliinsaturados assim como  $C_{18:2}$ .

O pH ruminal apresenta importante papel nas alterações dos lipídeos no rúmen, onde taxas de lipólise e biohidrogenação são menores em situações de alta concentração de carboidratos não estruturais na dieta decorrente da queda de pH (VAN NEVEL e DEMEYER, 1996a), resultando num maior escape de ácidos graxos insaturados. O baixo pH do rúmen pode afetar a etapa final da biohidrogenação, onde o *trans*- $C_{18:1}$

é convertido a ácido esteárico (DEMEYER e DOREAU, 1999).

A extensão da lipólise é dependente também da natureza do lipídeo da dieta, sendo que óleos de plantas, assim como óleo de linhaça, são quase que completamente hidrolisados (em torno de 90%) enquanto que óleos de origem animal, como exemplo o óleo de peixe, tendem a ser menos hidrolisados (em torno de 50%) (CHURCH, 1993).

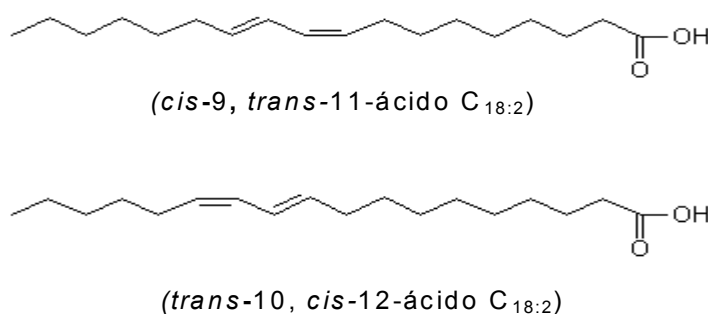
FIGURA 1 – ESQUEMA DE LIPÓLISE E BIOHIDROGENAÇÃO DOS ÁCIDOS LINOLÉICO E LINOLÊNICO (HARFOOT E HAZLEWOOD, 1988).



PALMQUIST e JENKINS (1980) citam que as bactérias celulolíticas por serem as mais afetadas pela suplementação com gordura e diminuição de pH sejam os microrganismos responsáveis pela biohidrogenação. Em revisão realizada por HARFOOT e

HAZLEWOOD (1988), a substituição de fibra na dieta por carboidratos de rápida degradação ruminal resultou na redução das taxas de lipólise e biohidrogenação, sugerindo a ação dos microrganismos celulolíticos sobre o processo de biohidrogenação.

FIGURA 2 – ESTRUTURA DO *cis*-9, *trans*-11 E *trans*-10, *cis*-12 CLA (EVANS *et al.*, 2002).



KALSCHEUR *et al.* (1997b) mostraram que o fluxo de ácidos graxos *trans*-C<sub>18:1</sub> para o duodeno aumentou em vacas alimentadas com dietas de baixo teor de fibra sem substâncias tamponantes. Entretanto, quando tamponantes foram adicionados, o fluxo de ácidos graxos *trans*-C<sub>18:1</sub> reduziu, igualando-se ao fluxo que ocorre em vacas alimentadas com dietas de alto nível de fibra. A adição de tamponantes aumentou o pH ruminal e, juntamente com mudanças no padrão de ácidos graxos voláteis do rúmen, alterou a taxa de crescimento e espécies de bactérias ruminais. Resultados semelhantes foram observados por MARTIN e JENKINS (2002) *in vitro*, havendo menor produção de *trans* C<sub>18:1</sub> em cultura de microrganismos do rúmen em pH menor que 6,0.

A manutenção de baixos valores de pH no rúmen através da utilização de dietas com alto concentrado, pode se constituir em uma estratégia para a proteção de fontes suplementares de lipídeos insaturados (óleos) contra a biohidrogenação, possibilitando que mais ácidos graxos insaturados cheguem ao intestino, onde poderão então ser absorvidos e incorporados à gordura do leite (VAN NEVEL e DEMEYER, 1996b).

A utilização de AG inertes, como na forma de sais de cálcio, é também uma prática que pode ser empregada para evitar ou reduzir as modificações na composição dos AG resultantes do metabolismo ruminal (CHOUINARD *et al.*, 2001). Porém, apenas em situações de alto pH ruminal não ocorre a dissociação dos sais de cálcio de AG insaturados e estes são então parcialmente protegidos da biohidrogenação pela ausência de um grupo carboxila livre. Portanto, para se obter uma maior eficiência de proteção dos sais de cálcio de AG insaturados é necessário manter um pH relativamente alto através da utilização de agentes alcalinizantes ou substâncias tamponantes, aumento da frequência da alimentação ou fornecimento dos sais de cálcio após a alimentação (VAN NEVEL e DEMEYER, 1996b).

### Ácido linoléico conjugado (CLA)

O ácido linoléico conjugado (CLA) é um termo utilizado para designar uma mistura de isômeros geométricos e posicionais do ácido linoléico (C<sub>18:2</sub>), que contêm duas duplas ligações conjugadas (DONOVAN *et al.*, 2000). O CLA (FIGURA 2) é produzido no rúmen pela ação da bactéria *Butyrovibrio fibrisolvens* através da isomerização do ácido linoléico (EVANS *et al.*, 2002).

O processo de fermentação ruminal não é completo, resultando nos isômeros do CLA e no ácido *trans*-11 C<sub>18:1</sub> (CHURCH, 1993; CHOUINARD *et al.*, 1998). Os produtos derivados do leite são as maiores fontes de CLA na dieta de seres humanos, e o enriquecimento do leite com CLA pode ser bastante interessante pelos benefícios para a saúde dos consumidores (De LUCA e JENKINS, 2000). O *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> é o principal isômero de CLA presente na carne e no leite de ruminantes, mas sua concentração, assim como do *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> e outros isômeros, varia dependendo da dieta que os animais estão consumindo (PARIZA *et al.*, 2001). O perfil destes ácidos graxos no leite, pode ser alterado por modificações no padrão de fermentação ruminal, espécies de bactérias ruminais (KALSCHEUR *et al.*, 1997a) e suplementação de CLA e *trans*-11 C<sub>18:1</sub> na dieta (CHOUINARD *et al.*, 1999; ROMERO *et al.*, 2000).

De acordo com GRIINARI *et al.* (2000) e CORL *et al.* (2001), apesar do CLA ser um intermediário da biohidrogenação ruminal do ácido linoléico, a maior fonte desse AG é a síntese endógena, o que envolve a ação da enzima  $\Delta$ -9 desaturase sobre o *trans* C<sub>18:1</sub>, outro intermediário da biohidrogenação ruminal. Isto é comprovado quando se verifica aumento na concentração de CLA na gordura do leite de vacas mantidas em pastagens ou suplementadas com óleo de peixe, fontes reconhecidamente pobres em ácido linoléico. Avaliando a infusão abomasal de uma mistura 50:50 de *trans*-11 C<sub>18:1</sub> e *trans*-12 C<sub>18:1</sub>, GRIINARI, *et al.* (2000) encontraram um

acréscimo de 31% no AG *cis*-9, *trans*-11C<sub>18:2</sub> (CLA). A relação entre a infusão abomasal com *trans*-11 C<sub>18:1</sub> e o conteúdo de CLA na gordura do leite evidenciam sua formação a partir do *trans*-11 C<sub>18:1</sub> via enzima  $\Delta$ -9 desaturase, o que segundo os autores supracitados é uma consideração importante na elaboração de estratégias nutricionais que busquem o aumento do CLA no leite.

GRIINARI *et al.* (2000) realizaram ainda infusão abomasal com óleo estercúlico, um inibidor da ação da enzima  $\Delta$ -9 desaturase tendo encontrado redução na concentração de CLA (45%) ao mesmo tempo em que ocorreu aumento na concentração de *trans*-11 C<sub>18:1</sub> na gordura do leite. Houve também aumento nas relações de alguns produtos dependentes da ação da  $\Delta$ -9 desaturase, como os ácidos 14:0:14:1, 16:0:16:1, 18:0:*cis*-9 C<sub>18:1</sub>.

CORL *et al.* (2001) afirmam que apesar do rúmen fornecer menor proporção de *cis*-9, *trans*-11C<sub>18:2</sub>, ainda é de grande importância como fornecedor de *trans*-11 C<sub>18:1</sub>, servindo como substrato para síntese endógena de CLA.

O *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> é o isômero do CLA relacionado à redução na incidência de tumores em ensaios conduzidos com ratos (BAUMAN e GRIINARI, 1999). Em outro estudo com ratos, IP *et al.*, (1999) mostraram que o fornecimento de dietas contendo CLA durante o período de desenvolvimento da glândula mamária regula a maturação morfológica do epitélio mamário reduzindo o risco de câncer em animais.

Além de sua propriedade anticarcinogênica, o *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> também está associado a uma função antiaterogênica, combatente ao diabetes, estímulo ao sistema imune (BAUMGARD *et al.*, 1999; McGUIRE e McGUIRE, 1999) e inibição de doenças cardiovasculares (EVANS *et al.*, 2002). Estudos ainda mostram que o *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> pode ser efetivamente um inibidor de crescimento de tumores em concentrações inferiores a 1% da dieta (McGUIRE e McGUIRE, 1999).

A redução da gordura no leite normalmente esta associada com a menor produção de

AG de cadeia curta e média (C<sub>6</sub> a C<sub>16</sub>) (CHOUINARD *et al.*, 1999; AVILA *et al.*, 2000; PIPEROVA *et al.*, 2000; SOLOMON *et al.*, 2000; DRACKLEY *et al.*, 2001), e, uma vez que a síntese desses AG ocorre na glândula mamária, esta queda possivelmente se deve ao decréscimo da atividade de enzimas envolvidas neste processo, como acetil CoA carboxilase e ácido graxo sintase (PIPEROVA *et al.*, 2000).

A concentração de ácidos graxos *trans* C<sub>18:1</sub> é por vezes relacionada com uma redução na produção de gordura no leite. Vacas consumindo dietas suplementadas com gorduras contendo *trans*-C<sub>18:1</sub> ou dietas que estimulem a produção de grandes quantidades de *trans*-C<sub>18:1</sub> no rúmen, podem causar uma queda na concentração de gordura do leite de acordo com WONSIL *et al.* (1994).

O perfil de ácidos graxos na gordura do leite de vacas suplementadas com óleo de canola e óleo de linhaça apresentou um aumento na concentração de *trans*-11 C<sub>18:1</sub>, havendo uma diminuição no conteúdo de gordura do leite (FOCANT *et al.*, 1998).

A utilização de suplementação lipídica com altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados, mostrou-se bastante eficaz no aumento da concentração de CLA e outros ácidos graxos insaturados na gordura do leite. As fontes vegetais como óleo de soja e óleo de linhaça, ricas em C<sub>18:2</sub> e C<sub>18:3</sub>, são particularmente efetivas (CHOUINARD *et al.*, 2001). O fornecimento de fontes de gordura com alta proporção de ácido linoléico pode efetivamente aumentar a concentração de produção de *trans*-C<sub>18:1</sub> e *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> no leite (ABUGHAZALEH *et al.*, 2003).

KALSCHEUR *et al.*, (1997a) avaliando o efeito de fontes de gordura no fluxo de *trans*-C<sub>18:1</sub> para o duodeno, observaram que houve uma incompleta biohidrogenação, representada pelo aumento do fluxo de *trans*-C<sub>18:1</sub> para o duodeno, em vacas alimentadas com dietas suplementadas com óleo de girassol com alto conteúdo de ácido oléico e linoléico. No entanto, apesar do aumento de *trans*-C<sub>18:1</sub> ser maior no leite de vacas com reduzido teor de gordura, o autor acredita não

haver uma associação constante entre a quantidade total de *trans*-C<sub>18:1</sub> no leite e uma diminuição no teor de gordura do leite. SOLOMON *et al.* (2000) utilizando como fonte de gordura insaturada a soja extrusada, também não encontraram uma relação entre concentração de *trans*-C<sub>18:1</sub> e teor de gordura no leite.

MACKLE *et al.* (2003) mostraram que houve queda pronunciada na concentração e produção de gordura no leite de vacas em sistema de pastejo recebendo infusão abomasal de uma mistura de isômeros de CLA, associada possivelmente a redução na síntese *de novo* na glândula mamária.

PIPEROVA *et al.* (2000) analisando o CLA da gordura do leite de animais recebendo uma dieta com adição de óleo de soja, encontraram uma redução na concentração de *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> e um aumento nos isômeros *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> e *trans*-7, *cis*-9 C<sub>18:2</sub>. O isômero *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> é provavelmente produzido no rúmen pela ação de uma isomerase específica e então hidrogenado a *trans*-10 C<sub>18:1</sub>. Os autores associam a redução na gordura do leite (43%) obtida na dieta com óleo de soja ao acréscimo no conteúdo do *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub>, podendo ser esse isômero um dos responsáveis por essa queda.

BAUMGARD *et al.* (1999) submetendo vacas em lactação à infusão abomasal com *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> e *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> encontraram uma redução na gordura do leite apenas no caso da infusão com *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub>, sendo um indicativo de que esse isômero de CLA pode estar alterando o metabolismo de lipídeos da glândula mamária reduzindo a síntese *de novo* e a desaturação dos AG (LOOR e HERBEIN, 2003).

BELL e KENNELLY (2003) afirmam ainda que outros efeitos além da redução de gordura foram observados associados à infusão abomasal com CLA. Os autores creditaram aos isômeros *trans*-10 queda na produção de leite, concentração e produção de lactose, produção de proteína e aumento na contagem de células somáticas.

A redução na produção de gordura no leite mais provavelmente pode ser explicada pela

hipótese de haver papéis específicos para diferentes isômeros de ácidos graxos *trans*, onde esta redução estaria mais associada aos isômeros *cis*-8, *trans*-10 C<sub>18:2</sub> (CHOUINARD *et al.*, 1999), *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> (GRIINARI *et al.*, 1998; GRIINARI *et al.*, 1999; PIPEROVA *et al.*, 2000) e *trans*-7, *cis*-9 C<sub>18:2</sub> (PIPEROVA *et al.*, 2000).

## Conclusões

O maior fluxo de AG insaturados para o intestino delgado, com conseqüente absorção e incorporação ao leite é resultado de alterações na dieta e ambiente ruminal. O fornecimento de fontes de AG insaturados associado a características da dieta que causem redução do pH ruminal podem ser alternativas para modificar o seu perfil na gordura do leite. A maior síntese do isômero *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub> ocorre de forma endógena pela ação da enzima  $\Delta$ -9 desaturase sobre o *trans* C<sub>18:1</sub>, um intermediário da biohidrogenação ruminal, embora parte da síntese ocorra no rúmen a partir da biohidrogenação do ácido linoléico. As propriedades antiaterogênicas, anticarcinogênicas, estímulo ao sistema imune e inibição de doenças cardiovasculares são atribuídas ao isômero *cis*-9, *trans*-11 C<sub>18:2</sub>, enquanto os isômeros *cis*-8, *trans*-10 C<sub>18:2</sub> e *trans*-10, *cis*-12 C<sub>18:2</sub> são responsáveis pela intervenção em alguns passos da síntese *de novo* de gordura na glândula mamária reduzindo assim sua produção e concentração no leite, em especial os AG de cadeia curta e média.

## Referências

- ABUGHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acid profiles. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.3, p.944–953, 2003.
- ALBERTAZZI, P.; COUPLAND, K. Polyunsaturated fatty acids. Is there a role in postmenopausal osteoporosis prevention? **Maturitas**, v.42, n.1, p.13–22, 2002.

- AVILA, C.D.; DePETERS, E.J.; PEREZ-MONTI, H. Influences of saturation ratio of supplemental dietary fat on digestion and milk yield in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.80, n.9, p.2204-2212, 2000.
- BAUMAN, D.; GRIINARI, J.M. Biosynthesis of CLA and its incorporation into meat and milk of ruminants. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.77, p.117, Supplement 1, 1999.
- BAUMGARD, L.; CORL, B.; DWYER, D. Identification of CLA isomer responsible for milk fat depression. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.77, p.118, Supplement 1, 1999.
- BELL, J.A.; KENNELLY, J.J. Postprandial infusion of conjugated linoleic acids negatively impacts milk synthesis in holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.4, p.1321-1324, 2003.
- CHOUINARD, P.Y.; GIRARD, V.; BRISSON, G.H. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.81, n.2, p.471-481, 1998.
- CHOUINARD, Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D.M. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, Savoy, v. 129, n. 8, p.1579-1584, 1999.
- CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BUTLER, W.R. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentration in milk fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.3, p.680-690, 2001.
- CHURCH, D.C. **The ruminant animal: Digestive, physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Simon e Schuster, 1993. 543p.
- CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A. The role of  $\Delta^9$  - desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. **Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v.12, n.11, p.622-630, 2001.
- DELUCA, D.D.; JENKINS, T.C. Feeding oleamide to lactating Jersey cows. 2. Effects on nutrient digestibility, plasma fatty acids and hormones. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n.3, p.569-576, 2000.
- DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, Wallingford, v.58, p.593-607, 1999.
- DONOVAN, D.C.; SCHINGOETHE, D.J.; BAER, R.J. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n.11, p.2620-2628, 2000.
- DRACKLEY, J.K.; BEAULIEU, A.D.; ELLIOTT, J.P. Responses of milk fat composition to dietary fat or nonstructural carbohydrates in Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.5, p.1231-1237, 2001.
- EVANS, M.E.; BROWN, J.M.; McINTOSH, M.K. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. **Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v.13, n.9, p.508-516, 2002.
- FOCANT, M.; MIGNOLET, E.; MARIQUE, M. The effect of vitamin E supplementation of cow diets containing rapeseed and linseed on the prevention of milk oxidation. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.81, n.4, p.1095-1101, 1998.
- GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; MCGUIRE, M.A. *Trans*-Octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.81, n.5, p.1251-1261, 1998.
- GRIINARI, J.M.; NURMELA, K.; DWYER, D.A. Variation of milk fat concentration of conjugated linoleic acid and milk fat percentage is associated with a change in ruminal biohydrogenation. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.77, p.117-118, Supplement 1, 1999.
- GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by  $\Delta^9$ -desaturase. **Journal of Nutrition**, Savoy, v.130, n.12, p.2285-2291, 2000.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. cap.9, p.285-322.
- IP, C.; BANNI, S.; ANGIONI, E. Conjugated linoleic acid enriched butter fat mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **Journal of Nutrition**, Savoy, v.129, n. 12, p.2135-2142, 1999.
- KALSCHEUR, K.F.; TETER, B.B.; PIPEROVA, L.S. Effect of fat source on duodenal flow of *trans*-C<sub>18:1</sub> fatty acids and milk fat production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.80, n.9, p.2115-2126, 1997a.

- KALSCHEUR, K.F.; TETER, B.B.; PIPEROVA, L.S. Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of *trans*-C<sub>18:1</sub> fatty acids and milk fat production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.80, n.9, p.2104-2114, 1997b.
- LOOR, J.J.; HERBEIN, J.H.; JENKINS, T.C. Nutrient digestion, biohydrogenation, and fatty acid profile in blood plasma and milk fat from lactating Holstein cows feed canola or canolamide. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.97, n.1-2, p.65-82, 2002.
- LOOR, J.J.; HERBEIN, J.H. Reduced fatty acid synthesis and desaturation due to exogenous *trans*10,*cis*12-cla in cows fed oleic or linoleic oil. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.4, p.1354-1369, 2003.
- MACKLE, T.R.; KAY, J.K.; AULDIST, M.J. Effects of abomasal infusion of conjugated linoleic acid on milk fat concentration and yield from pasture-fed dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.86, n.2, p.644-652, 2003.
- MARTIN, S.A.; JENKINS, T.C. Factors affecting conjugated linoleic acid and *trans*-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, n.12, p.3347-3352, 2002.
- MCGUIRE, M.A.; MCGUIRE, M.K. Conjugated linoleic acid (CLA): a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.77, p.118, Supplement 1, 1999.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.63, n.1, p.1-14, 1980.
- PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, Kidlington, v.40, n.4, p.283-298, 2001.
- PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I. Mammary lipogenic enzyme activity, *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.130, n.12, p.2568-2574, 2000.
- REKLEWSKA, B.; OPRZADEK, A.; REKLEWSKI, Z. Alternative for modifying the fatty acid composition and decreasing the cholesterol level in the milk of cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.76, n.3, p.235-243, 2002.
- ROMERO, P.; RIZVI, S.H.; KELLY, M.L. Concentration of conjugated linoleic acid from milk fat with a continuous supercritical fluid processing system. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n.1, p.20-22, 2000.
- SOLOMON, R.; CHASE, L.E.; BEN-GHEDALIA, D. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, n.6, p.1322-1329, 2000.
- TAPIERO, H.; NGUYEN, B.; COUVREUR, P. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Pans, v.56, n.5, p.215-222, 2002.
- VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Influence of pH on lipolysis and biohydrogenation of soybean oil by rumen contents in vitro. **Reproduction, Nutrition, Development**, Pans, v.36, n. 3, p.53-63, 1996a.
- VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Effect of pH on biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids and their ca-salts by rumen microorganisms *in vitro*. **Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v.49, n.2, p.151-157, 1996b.
- WONSIL, B.J.; HERBEIN, J.H.; WATKINS, B.A. Dietary and ruminally derived *trans*-C<sub>18:1</sub> fatty acids alter bovine milk lipids. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.124, n. 3, p.556-565, 1994.

Recebido para publicação: 13/01/2004  
 Aprovado: 02/04/2004