

## SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE LIPÍDIOS NA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO NA GORDURA DO LEITE

[Supplementation of dietary lipids in the concentration of conjugated linoleic acid in milk fat]

Marco Aurélio Carneiro de Holanda<sup>1</sup>, Mônica Calixto Ribeiro de Holanda<sup>2</sup>, Antonio Francisco de Mendonça Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da DZ/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife-PE.

<sup>2</sup>Professor Adjunto da UFRPE/UAG - Av. Bom Pastor, s/n - Boa Vista; 55.292-901 - Garanhuns-PE.

**RESUMO** - Em alimentos de origem animal é possível encontrar um composto natural, o ácido linoléico conjugado (CLA), principalmente na gordura do leite, carne e em alimentos naturalmente enriquecidos neste ácido e seus isômeros. O CLA tem propriedades bioativas distintas e é originário da biohidrogenação incompleta dos ácidos linoléico e linolênico realizada pelas bactérias ruminais ou da desaturação do *trans*-11 na glândula mamária e no intestino delgado. A adição de gordura na dietas desses animais tem sido prática comum como forma de aumentar a densidade energética da dieta sem, contudo, causar os transtornos metabólicos gerados pelo aumento da inclusão de carboidratos rapidamente fermentáveis, principalmente em vacas de alta produção, visto que estes animais nas primeiras semanas de lactação estão em balanço energético negativo em face do consumo de alimento ainda não está maximizado. Dietas suplementadas com gorduras e a relação concentrado:volumoso, assim como a efetividade da fibra do volumoso podem aumentar a produção de leite, diminuir a produção de gordura e alterar seu perfil em ácidos graxos. A gordura do leite é formada por grande quantidade de ácidos graxos saturados de cadeia curta e, mediante a utilização de dietas com gorduras adicionadas, pode-se alterar seu padrão, diminuindo a quantidade de ácidos graxos saturados mediante aumento dos insaturados. Assim, vários trabalhos têm sido realizados para estudar a quantidade e o tipo de gordura a ser adicionada á dieta, sua aceitabilidade e digestibilidade com a finalidade de elevar os conteúdos de CLA e ácidos *trans*-11 na gordura do leite.

**Palavras-Chave:** Ácidos trans, CLA, leite, constituintes do leite.

**ABSTRACT** - In the food of animal origin is possible to find a natural substances, conjugated linoleic acid (CLA), mainly in the fat milk, meat and foods naturally enriched in this acid and their isomers. CLA has different bioativas properties and is original of the incomplete biohydrogenation of the linoleic and linolenic acids carried by the rumen bacteria or by the desaturation of the *trans*-11 in the mammary gland and small intestine. The fat addition to diets of the lactating cows has been common practice as form of increasing the energy density of the diet without to cause the disturbances metabolic provoked by the increase of the carbohydrates inclusion quickly fermented, mainly in cows of high production, because in the first weeks of milking the lactating cows are in negative balance energy in face of the food intake is not maximized still. Diets supplemented with fat and roughage:concentrate relationship, as well as the effectiveness of the fiber of the roughage can increase the milk production, decreasing the fatty acids production and altering his profile in the milk. Fat milk is formed by great amount of saturated fatty acids of short chain and the use of diets with added fat, alter his pattern, reducing the amount of saturated fatty acids by increase of the unsaturated. Like this, several works have been carried to study the amount and fat type to be added the diet, his acceptability and digestibility with the purpose of increase the contents of CLA and acids *trans*-11 in fat milk.

**Keywords:** Acids trans, CLA, milk, constituents of milk.

### HISTÓRICO

A maioria dos compostos naturais com propriedades anticarcinogênicas é encontrada em alimentos de origem vegetal (Bessa et al., 2000; Abu-Ghazaleh et

al., 2001). No entanto, em alimentos de origem animal também é possível encontrar um composto natural, o ácido linoléico conjugado (CLA), com tais propriedades, principalmente na gordura do leite, carne e em alimentos naturalmente enriquecidos neste ácido e seus isômeros (Bessa et al, 2000).

O primeiro relato da presença de um ácido com duas duplas ligações conjugadas foi feito por Booth e colaboradores em 1935 (Bessa et al., 2000). O leite e seus derivados, e o tecido gorduroso de animais ruminantes são as maiores fontes de CLA para o consumo humano (Dhiman, et al., 1999; Clegg et al., 2001), sendo referenciados como alimentos funcionais (Bauman & Griinari, 2001). Porém, o perfil de ácidos graxos da gordura do leite é muito variável, visto que fatores como, raça, estágio de lactação, saúde e alimentação promovem alterações tanto na composição quanto na quantidade destes compostos nos produtos (Jensen, 2002).

A primeira informação sobre a alteração do teor e composição da gordura do leite em função da regulação e manipulação dietética foi observada em 1845 quando Boussingault (Van Soest, 1994) identificou a depressão da gordura do leite - DGL (ou MFD - Milk Fatty Depreciation) em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de beterraba e, em 1894 por Sebelien (Bauman & Griinari, 2001), quando era incorporado óleo de peixe na dieta.

Até a primeira metade do século XX, houve grandes avanços na alimentação de vacas leiteiras e a depressão da gordura do leite (DGL) tem sido observada para uma classe de dietas suplementadas com óleo de fígado de bacalhau, óleos vegetais ou dietas com baixa relação volumoso:concentrado (dietas ricas em carboidratos prontamente digestíveis e baixas em fibra).

Em 1939 Powell (Bauman & Griinari, 2001) foi o primeiro a observar que havia, aparentemente, uma correlação entre as atividades do rúmen e a composição do leite produzido, percebendo que dietas que causavam depressão na gordura do leite provocam mudanças nos processos de fermentação microbiana no rúmen.

A aparentemente correlação entre as atividades do rúmen e a composição do leite que provocavam depressão na gordura do leite e que causam mudanças nos processos de fermentação microbiana ruminal tem sido caracterizada com dietas ricas em concentrados ou inadequada relação volumoso:concentrado ou ainda em dietas com forragem peletizada ou trituradas (pelas características físicas do volumoso como o tamanho de partículas menores de 3,17 mm) onde a redução da produção de leite está em função da diminuição do pH ruminal e da alteração da proporção molar dos ácidos graxos voláteis.

A adição de tamponantes na dieta minimiza as alterações de fermentação ruminal e restaura a níveis normais a produção de gordura do leite (Kennelly et

al., 1999). Do mesmo modo, o envolvimento dos processos ruminais também são evidentes para a DGL que ocorre com a suplementação de óleos vegetais e de peixe na dieta.

A alteração causada pela biohidrogenação de ácidos graxos pelos microorganismos ruminais parece ser o pré-requisito para o desenvolvimento da DGL, resultando no aumento do conteúdo de ácidos graxos *trans*-18:1 (ácido vacênico - isômero CLA) no leite. Estas mudanças ocorrem nos dois grupos de dietas que causam a DGL, no entanto são mais amplamente reconhecidos os efeitos da suplementação de dietas com óleos vegetais ou de peixe. Há efeitos mínimos sobre a produção de gordura do leite se os óleos são completamente hidrogenados no rúmen ou se o alimento é protegido da ação dos microorganismos ou ainda por infusão abomasal.

Assim, esta revisão tem por objetivo levantar maiores informações sobre o ácido linoléico conjugado e isômeros e sua alteração no perfil da gordura do leite de animais ruminantes com a manipulação nutricional.

#### CLA: FUNÇÃO E SÍNTESE

Considerável interesse tem sido recentemente depositado nos ácidos graxos do tipo conjugado, como o ácido linoléico conjugado ou, simplesmente, CLA, que ocorre em baixos níveis, menos de 1% do total de ácidos graxos da gordura do leite. O CLA é um produto intermediário da biohidrogenação dos ácidos linoléico (ácido *cis*-9, *cis*-12 octadecadienóico) comum nos lipídios das pastagens, mas que pode ser também sintetizado a partir da desaturação do *trans*-11 no intestino delgado (Parodi, 1999; Gulatti et al., 2000; Bessa et al., 2000) e na glândula mamária e tecido adiposo (Corl et al., 2000).

O termo CLA descreve um conjunto de isômeros geométricos do ácido linoléico com propriedades bioativas distintas, que têm duas duplas ligações separadas por apenas uma ligação simples (insaturação conjugada). A conjugação da dupla ligação é geralmente nas posições 9 e 11 ou 10 e 12, podendo apresentar configuração geométrica nas formas *cis-cis*, *cis-trans*, *trans-cis* e *trans-trans*. (Abu-Ghazaleh et al., 2001). Em torno de 80 a 90% do CLA presente nos produtos lácteos está presente na forma de isômeros *cis*-9, *trans*-11 C18:2, sendo as formas biologicamente mais ativas de CLA (Jensen, 2002). Este isômero foi identificado primeiramente em 1966 por Kepler e colaboradores e nomeado por Kramer et al. (1998) como ácido rumênico.

Estudos bioquímicos demonstraram enorme variação de benefícios biológicos do CLA e do isômero *cis*-9, *trans*-11, como um componente natural da gordura do leite, tem efeito anticarcinogênico, incluindo carcinomas na epiderme, tecido mamário e gastrointestinal. Estes isômeros atuam reduzindo tanto a incidência de tumores como a concentração de agentes citotóxicos existentes nas células cancerígenas (Parodi, 1999). Parecem atuar por mecanismos antioxidantes inibindo a síntese de nucleotídeo, reduzindo a atividade proliferativa de DNA do tumor, inibindo a ativação da carcinogênese. Este efeito parece ser dose dependente, quando suplementado de 0,1 a 1% na dieta. Segundo Clegg et al. (2001), a família de ácidos graxos C18:2, que tem origem na isomerização do ácido linoléico no rúmen, e seus diferentes isômeros exercem diferentes funções bioprotetoras.

Além do efeito anticarcinogênico, também tem propriedade hipocolesterolêmica. A comunidade científica concluiu que há alta correlação entre o consumo de dietas ricas em ácidos graxos saturados, por sua associação com o colesterol plasmático, e o aparecimento de doenças coronarianas (Ashes et al., 1997; Bessa et al., 2000).

Apesar da concentração de ácidos graxos insaturados na gordura do leite de ruminantes ser baixa, os ácidos insaturados exercem um efeito protetor significativo evitando o acúmulo de lipoproteínas de baixa densidade (LDL). Dietas suplementadas com CLA reduzem o desenvolvimento da arteriosclerose por diminuir a concentração plasmática de LDL e do colesterol total (Granlund et al., 2003) e também modificar a fisiologia endotelial vascular de modo que a atividade fibrinolítica atinja níveis altos (Clegg et al., 2001).

Outra propriedade comprovada é a de combater a obesidade. O CLA participa na modulação da gordura corporal, como agente repartidor de gordura, resultando na diminuição da lipogênese e aumento da lipólise no tecido adiposo, possivelmente, pelo fato de elevar o metabolismo, aumentar a taxa de oxidação das gorduras (Bessa et al., 2000) e aumentar a degradação de gorduras nos adipócitos e, conseqüentemente, a demanda energética (Parodi, 1999).

Em estudo conduzido na Noruega em 60 pessoas obesas, a adição diária de 3,4 a 6,8 g de CLA na dieta, por 12 semanas consecutivas, implicou em redução de 20% na gordura corporal (Blakson et al., 2000). Entretanto, Mourão et al. (2005), fazendo uma análise crítica sobre os dados disponíveis na

literatura que relacionam o CLA com o metabolismo energético, a fim de delinear as deficiências existentes nos estudos e esclarecer suas possíveis ações do CLA na composição corporal, concluíram que ainda não foi possível esclarecer os reais mecanismos de ação desses ácidos graxos no metabolismo energético em humanos, para que possam ser usados com eficiência e segurança como agente anti-obesidade.

Além disso, o CLA participa na modulação do sistema imune por reduzir a síntese de prostaglandina E<sub>2</sub>, possivelmente, devido ao aumento da síntese de anticorpos (Parodi, 1999).

Assim, o leite e outros derivados lácteos e a carne de ruminantes são excelentes fontes de CLA. A dose protetora para o consumo humano é de 1 g/dia (para adultos). Comumente, a concentração de CLA no leite varia de 3 a 6 mg/g (Kelly et al., 1998) e, na carne, varia de 5,1 a 14,9 mg/g (Bessa et al., 2000), portanto, com concentrações próximas aos níveis de consumo humano.

Desde então, os produtos lácteos, em especial a gordura do leite e seu padrão em ácidos graxos, têm recebido considerável atenção como componente alimentar de maior fonte de CLA para a dieta humana (Bessa, et al., 2000; Valadares Filho, 2000).

A síntese do CLA é um processo que inclui duas etapas: a lipólise e a biohidrogenação (Jenkins, 1993).

As bactérias anaeróbicas lipolíticas (*Anaerovibrio lipolytica* e *Butyrivibrio fibrosolvens*) secretam lipases como, a ácido linoléico isomerase (Parodi, 1999), para liberar os ácidos graxos do glicerol e promover a biohidrogenação de ácidos graxos insaturados (preferencialmente, o linoléico) para minimizar os efeitos tóxicos dos ácidos graxos sobre a fermentação ruminal.

Após a lipólise, com a oxidação dos triacilgliceróis a ácidos graxos livres e glicerol, a síntese do CLA tem início, propriamente, com a isomerização dos ácidos graxos insaturados e posterior biohidrogenação pelas bactérias ruminais (os protozoários desempenham um papel secundário neste processo).

A isomerização consiste na mudança de orientação da dupla ligação da molécula do ácido graxo, convertendo os isômeros nativos *cis* em isômeros *trans*, mudando a localização da dupla ligação na cadeia de carbono. O passo de isomerização muda a posição da dupla ligação da posição 12 para a posição 11 e muda sua configuração de *cis* para

*trans*. Os *trans* são subsequentemente hidrogenados e convertidos a ácido esteárico.

A biohidrogenação é obtida através da adição de um íon hidrogênio no ponto de uma dupla ligação, resultando na conversão de ácidos graxos insaturados em seus saturados correspondentes. Como exemplo, a maioria dos ácidos insaturados que têm 18 carbonos (18:1, 18:2 e 18:3, respectivamente, oléico, linoléico e linolênico) ou 16 carbonos (16:1, o palmitoléico) será convertida a ácido esteárico (18:0) e palmítico (16:0), respectivamente. Portanto, a biohidrogenação de ácidos graxos poliinsaturados envolve passos sequenciais de isomerização e de hidrogenação (Jenkins, 1993; Bessa et al., 2000). Uma vez que o processo de biohidrogenação não é 100% completo para todos os poliinsaturados, algum ácido linoléico, linolênico e produtos intermediários tais como ácidos linoléico conjugados e *trans*-11 C18:1 (ácido *trans* vacênico) alcançam o duodeno e são absorvidos.

Certa proporção de ácidos graxos não sofre biohidrogenação completa antes de passar para o duodeno. Baseado na literatura é razoável esperar que entre 60 e 85% das gorduras insaturadas sejam biohidrogenadas e certa proporção de ácidos graxos, 15 a 40%, não flua para absorção no intestino delgado. Muitos desses ácidos estão normalmente na configuração *trans*, devido ao fato de que eles devem ter sofrido, pelo menos, um passo de isomerização. Os ácidos *trans* são mais resistentes a biohidrogenação posterior que as formas *cis*. Os ruminantes, desse modo, têm um suprimento constante de ácidos *trans* deixando o rúmen, os quais são absorvidos e incorporados aos tecidos e ao leite (Staples et al., 2001).

Todo este processo de biohidrogenação acontece pelo fato dos ácidos graxos livres insaturados, provenientes da hidrólise dos triacilgliceróis, terem efeito antimicrobiano. A teoria mais aceita é a da toxidez direta destes ácidos graxos insaturados sobre a membrana celular dos eucariontes (Jenkins, 1993), principalmente para os protozoários ciliados e as bactérias Gram <sup>+</sup>, que digerem carboidratos estruturais, interferindo no contato das celulases bacterianas com a celulose (Hobson & Stewart, 1997).

Além da formação de CLA no rúmen, a glândula mamária também sintetiza CLA, a partir da desaturação do vacênico (*trans*-11 C18:1) ou da desaturação do carbono 9 do ácido esteárico (C18:0), formando o oléico, aumentando o conteúdo de ácidos graxos insaturados da gordura do leite, especialmente o ácido rumênico (*cis*-9, *trans*-11

C18:2). Ainda não está claro se o aumento da concentração de CLA na gordura do leite resulta de um aumento da produção de CLA no rúmen ou se pela ação da enzima esteroil-CoA desaturase ( $\Delta^9$  - desaturase) sobre o ácido vacênico (*trans*-11 C18:1) na glândula mamária. Esta enzima é responsável pela inclusão de uma dupla ligação *cis* no carbono 9, realizando portanto, um trabalho oposto ao da biohidrogenação, ou seja, uma reconstituição do ácido graxo em questão.

Entretanto outros estudos afirmam que a atividade do CLA não está restrita apenas ao *cis*-9, *trans*-11 C18, pois com mistura de CLA, Lee et al. (1998) demonstraram que este ácido sozinho não inibe a expressão da enzima esteroil-CoA desaturase, introdutora de uma dupla ligação *cis* no carbono 9 nos ácidos graxos.

### OS ÁCIDOS “TRANS”

A inibição direta da síntese de gordura no leite pelos ácidos graxos *trans* foi primeiramente proposta por Davis e Brown em 1970 (Bauman & Griinari, 2001) e posteriormente elaborada por Pennington & Davis (1975). Estes ácidos são metabólitos intermediários da biohidrogenação de ácidos graxos insaturados pelas bactérias ruminais e o isômero *trans* predominante é o *trans*-11 C18:1.

O envolvimento dos ácidos *trans* na redução da síntese de gordura do leite tem sido associado à presença de óleos de vegetais ou de peixe na dieta. Os primeiros pesquisadores a observarem o aumento de ácidos *trans*-C18:1 na gordura do leite, em vacas alimentadas com dietas com baixo teor de fibra e alto teor de óleo de algodão, foram Moore & Williams (1963) e Storry & Rook (1965), em vacas alimentadas com dietas com baixa relação volumoso:concentrado (Bauman & Griinari, 2001). Desta maneira, ficou evidente a correlação existente entre o aumento do *trans*-C18:1 na gordura do leite e as variações da dieta. Este envolvimento dos ácidos *trans* na redução de gordura tem sido examinado mais diretamente com o uso de óleo vegetal parcialmente hidrogenado (OVPH) como fonte de *trans*-C18:1. Observou-se que o fornecimento diário de 222 g de *trans*-C18:1 causa redução de 20% na produção de gordura do leite. Porém, o fornecimento de isômeros puros de *trans*-C18:1 através da infusão abomasal de 25 g/dia de *trans*-9 C18:1 ou 25 g/dia de *trans*-11 e *trans*-12 C18:1 não afetou a produção de gordura.

Bauman & Griinari (2001) verificaram que o fornecimento de 500 mL de ácido oléico aumentou em três vezes o conteúdo de isômeros *trans*-C18:1

na gordura do leite sem causar a DGL. Isto deixou claro que os isômeros *trans*-C18:1 relacionados com dietas suplementadas com ácido oléico não influenciaram a produção de gordura e que o ponto chave para o desenvolvimento da DGL é o padrão dos isômeros *trans* e não o total de ácidos graxos. Estes autores inicialmente observaram que o aumento no total de ácidos graxos *trans*-C18:1 na gordura estava associado com a DGL em vacas alimentadas com dietas com baixa relação volumoso:concentrado, mas não quando eram alimentadas com dietas ricas em forragem.

Subseqüentemente, foi demonstrado que a diminuição da produção de gordura estava mais associada com o aumento específico do ácido *trans*-10 C18:1 do que com o aumento total do conteúdo de *trans*-C18:1 na gordura do leite. Foi também observado aumento específico de *trans*-10 C18:1 com outros tipos de dietas que causam DGL. Os processos microbianos no rúmen são alterados assim que uma porção de ácidos graxos é biohidrogenada via rota principal para a produção de *trans*-10 C18:1 e foi baseando-se nisso foi que Bauman & Griinari (2001) postularam que o *trans*-10 C18:1 ou metabólitos afins podem ser a causa da DGL.

Lee et al. (1998) já tinham observado que a atividade do CLA não estava restrita apenas ao *cis*-9, *trans*-11 C18, pois com mistura de CLA, demonstraram que este ácido sozinho não inibe a expressão da enzima esteroil-CoA desaturase, introdutora de uma dupla ligação *cis* no carbono 9 nos ácidos graxos, deixando claro que outros *trans* estariam envolvidos no processo de DGL.

A rota preferencial da biohidrogenação do ácido linoléico para a síntese de *trans*-10 C18:1 é uma isomerização da dupla ligação *cis*-9 do ácido *cis*-9, *cis*-12 para a forma *trans*-10, *cis*-12 CLA seguida por uma redução da dupla ligação *cis*-12 para dar o *trans*-10 C18:1.

Balman & Griinari (2001) também constataram que o *trans*-10, *cis*-12 CLA, precursor do *trans*-10 C18:1, está normalmente presente na gordura do leite, mas em concentrações baixas, menos de 0,06% do total dos ácidos graxos, representando menos de 2% do nível de *cis*-9, *trans*-11 CLA que é o isômero predominante na gordura do leite.

Há uma correlação linear entre as concentrações de *trans*-10 C18:1 e *trans*-10, *cis*-12 CLA na gordura do leite e uma relação quadrática entre a redução na produção de gordura e o aumento do conteúdo de *trans*-10, *cis*-12 CLA na gordura do leite em vacas alimentadas com dietas com baixa relação volumoso:concentrado e suplementadas com óleo de

girassol. Assim, o aumento de *trans*-10, *cis*-12 CLA no ambiente ruminal está associado com a DGL, resultando no aumento deste isômero na gordura do leite.

Consistentemente, o *trans*-10, *cis*-12 CLA representa a maior proporção do total de isômeros na gordura corporal de vacas em crescimento que são alimentadas com dietas ricas em concentrado quando comparado com as alimentadas a pasto ou com dietas altas em forragem.

## COMPOSIÇÃO DO LEITE

O monitoramento periódico da composição do leite é muito importante visto que permite identificar eventuais disfunções digestivas e ou metabólicas que estejam ocorrendo com vacas de alta produção em lactação. O teor em gordura do leite pode dar informações a respeito da fermentação ruminal, das condições de saúde do animal e do manejo alimentar.

O leite tem sido considerado um “alimento funcional”, visto que tem a propriedade de reduzir o colesterol, entre outras (Parodi, 1999). Entretanto, para que isso ocorra, é necessária uma alteração do padrão de ácidos graxos da gordura do leite, visto que os ácidos láurico (C12), mirístico (C14) e palmítico (C16) são ácidos graxos saturados de cadeia curta e, portanto, possuem efeitos colesterolêmicos. Desta maneira, o ideal é ter um leite cuja gordura tenha baixos teores em ácidos graxos saturados e altos teores em CLA, ácidos *trans*, butírico e esfingolípídios, que têm propriedade anticarcinogênica (Parodi, 1999; Bauman & Griinari, 2001; Chilliard et al., 2001).

A gordura do leite é uma mistura de glicerídios, com 17 ou mais ácidos graxos, sendo palmítico e esteárico os principais ácidos saturados, e o oléico e o linoléico os principais insaturados. Portanto, a gordura do leite é caracterizada por uma grande proporção de ácidos graxos saturados de cadeia curta, de quatro a 16 carbonos, resultantes da síntese de novo (Fonseca, 1995), enquanto que a gordura de reserva contém poucos ácidos graxos de cadeia curta (Dils, 1986), como se pode observar na Tabela 1.

Considerando que os lipídios da dieta do ruminante são ricos em ácidos graxos insaturados, a composição da gordura desses animais demonstra a extensa biohidrogenação ruminal.

A manipulação dietética é uma maneira prática, com respostas rápidas e eficientes para alterar o perfil dos ácidos graxos da gordura do leite, pois a gordura do leite é o componente de mais fácil manipulação

**Tabela 1.** Composição dos ácidos graxos da gordura do leite.

Ácido graxo	(g/100 g de ácido graxo)	
	Donovan et al. (2000)	Abu-Ghazaleh et al. (2001)
4:0	3,16	3,23
6:0	2,04	2,17
8:0	1,29	1,37
10:0	3,12	3,22
12:0	3,70	3,86
14:0	11,31	11,84
14:1	1,55	1,76
16:0	27,09	30,81
16:1	1,39	1,81
18:0	9,38	7,40
Total de C18:1 (TVA)	19,33	19,21
18:1t6	0,23	0,27
18:1t9	0,28	0,28
18:1c6	0,71	0,63
18:1t11	1,21	1,09
18:1c9	16,47	16,30
18:1c11	0,43	0,64
18:2t9, t12	0,28	0,29
18:2c9, c12	3,14	2,13
Total de CLA	0,71	0,53
18:2 c9, t11	0,60	0,39
18:2 t9, t11	0,11	0,14
18:3ω6	0,31	0,19
18:3ω3	0,18	0,44
20:1	0,16	0,09
20:4ω6	0,11	0,14
20:5ω3	0,05	0,05
22:5	0,12	0,09
22:6ω3	0,02	0,01
Outros	11,37	9,46
Total AG ω3	0,25	0,54
Curta (C4-C12)	13,31	13,85
Média (C12-C16:1)	41,34	44,41
Longa (C18:0-C22-6)	33,62	41,74
Insaturados	27,56	26,65
Saturados	61,07	73,35
Índice Aterosclerótico	1,69	1,96

(pode ter sua produção reduzida em até 50% ou mais), se comparado aos teores de proteína e lactose. Segundo Bauman & Griinari (2001), a elevada correlação entre produção de gordura e de outros componentes com a produção de leite é alta o, que dificulta a utilização da seleção genética para tal finalidade.

De acordo com Demeyer & Doreau (1999), 40 a 50% da gordura do leite é originada a partir dos lipídios sintetizados na glândula mamária e dos ácidos graxos pré-formados absorvidos da corrente sanguínea, sendo que, cerca de 10% dos ácidos graxos circulantes têm origem na mobilização dos lipídios corpóreos, enquanto que o restante é de origem dietética.

Chilliard et al. (2000) afirmam que apesar de existir alta correlação entre os ácidos graxos do leite e os da

digesta duodenal, a correlação entre os ácidos graxos dietéticos e os do leite é baixa. Estes autores explicam que três os fatores que mais modificam os ácidos graxos da dieta em relação aos absorvidos no duodeno são a população microbiana que age sobre os ácidos graxos promovendo sua saturação, a síntese de ácidos graxos de forma similar à síntese de novo por estes microorganismos e a ação da enzima D9-desaturase agindo nos enterócitos e na glândula mamária, transformando os ácidos graxos saturados em insaturados ou aumentando o grau de insaturação.

Segundo Davis & Brown (1970), as dietas que causam alteração na composição em ácidos graxos da gordura do leite são divididas didaticamente em dois grupos. Um grupo que envolve dietas que provêm grandes quantidades de carboidratos prontamente digestíveis e reduzidas quantidades de

componentes fibrosos, mais comuns em dietas com alta quantidade de grãos e baixa de volumoso. Entretanto, mesmo dietas com quantidades adequadas de componentes fibrosos, mas estando a forragem muito triturada (<3,17 mm) ou peletizada, pode alterar a composição da gordura, pois os processos de trituração e peletização reduzem a efetividade da fibra em manter a função normal do rúmen, assim como, se o teor em FDN efetivo estiver entre 19 e 21% (Ashes et al., 1997). Desta forma, o tamanho da partícula e a efetividade da fibra são fatores importantes nas produções modernas de leite, nas quais o uso de sistema automatizado de alimentação e fornecimento de alimento na forma de ração completa tem sido a mais comum.

O outro grupo está representado por suplementos dietéticos contendo óleos altamente insaturados, como óleos vegetais, de peixe e até de algas. A alteração ocorre quando o óleo é adicionado diretamente na dieta, mas pode também ocorrer quando a ração contém grãos ou farelos ricos em ácidos graxos poliinsaturados.

#### **ALTERAÇÃO DA SECREÇÃO E DA COMPOSIÇÃO DOS CLA E POLIINSATURADOS NA GORDURA DO LEITE**

Segundo Bauman & Griinari, (2001) o conteúdo e a composição da gordura do leite interferem na qualidade do leite e seus derivados, pois a composição dos ácidos graxos da gordura afeta as propriedades organolépticas do leite, devido a fatores como o efeito dos ácidos graxos livres de cadeias curtas e mudanças oxidativas dos ácidos graxos (peroxidação).

As propriedades organolépticas e nutricionais podem sofrer alterações quando a alimentação dos animais é composta por óleos vegetais ou sementes oleaginosas, óleos marinhos (de peixe ou algas), gordura animal (como sebo, proibido em países onde se verificou a presença de encefalopatia espongiiforme bovina, vulgarmente conhecida como doença da vaca louca) ou tipos de forragens devido ao efeito potencial dos ácidos graxos poliinsaturados e monoinsaturados como os ácidos *trans* ou os CLA (Chilliard et al., 2001).

Em ambos os grupos de dieta, o que envolve dietas que provêm grandes quantidades de carboidratos prontamente digestíveis e reduzidas quantidades de componentes fibrosos e o que envolve suplementos dietéticos contendo óleos altamente insaturados (conforme divisão de Davis & Brown, 1970), o nível

de redução da produção da gordura do leite e conseqüente alteração no padrão de seus ácidos graxos, é modificado por diversos fatores como, a preparação do alimento, a presença de outros componentes dietéticos, práticas de manejo (frequência e nível de alimentação) estágio de lactação e o escore de condição corporal (Bauman & Griinari, 2001).

Esta redução representa uma diminuição na produção da maior parte dos ácidos graxos, mas a composição do ácido graxo é marcadamente alterada por causa do declínio da síntese de ácidos graxos “de novo” na glândula mamária e aumento substancial da síntese do ácido *trans*-11 C18:1 (ácido vacênico). Como resultado, o padrão dos ácidos graxos da gordura do leite é drasticamente modificado em face da redução nas proporções de ácidos graxos de cadeia curta e aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia longa, sendo esta alteração benéfica à saúde (Chouinard et al., 1999; Bessa et al., 2000; Baumgard et al., 2000 e 2001; Drackley et al., 2001; Abu-Ghazaleh et al., 2001; Chilliard et al., 2001).

Powell em 1939 (Bauman & Griinari, 2001) foi o primeiro a reconhecer que a redução da produção de gordura e a alteração em sua composição estavam em função da diminuição do pH ruminal e da alteração da proporção molar dos ácidos graxos voláteis em virtude da efetividade da fibra como visto anteriormente. De maneira semelhante, a redução da produção de gordura e a alteração em sua composição ocorre quando da suplementação com óleos vegetais e de peixe. A adição de tamponantes na dieta minimiza as alterações da fermentação ruminal e restaura a níveis normais a produção de gordura do leite.

A biohidrogenação dos ácidos graxos pelos microorganismos ruminais parece ser o pré-requisito para a alteração do perfil da gordura do leite, resultando no aumento do conteúdo de CLA e ácidos graxos *trans*-18:1 no leite, com aumento da quantidade de insaturados e redução da quantidade de saturados (Abu-Ghazaleh et al., 2001; Chilliard et al., 2001; Drackley et al., 2001).

Estas mudanças no perfil da gordura do leite ocorrem com dois grupos de dietas, mais amplamente reconhecidas pela suplementação de dietas com óleos vegetais ou de peixe (Donovan et al., 2000; Ramaswamy et al., 2001; Whitlock et al., 2002; Jensen, 2002; Ward et al., 2002). Há efeitos mínimos sobre a produção de gordura do leite se os óleos são completamente hidrogenados ou pela oferta de alimento protegido, desviando-o da ação dos microorganismos no rúmen, ou por infusão

abomasal. Isto porque duas condições são requeridas: alteração nos processos microbianos do rúmen e a presença de ácidos graxos insaturados.

Dietas suplementadas com os óleos vegetais são fontes de ácidos graxos insaturados e estes podem levar a DGL. Entretanto, se o consumo de forragem é alto, os processos microbianos no rúmen não são alterados e a produção de gordura do leite é normal. Semelhantemente, uma dieta rica em grãos resulta em pré-requisito para alterações dos processos microbianos no rúmen. Porém, se a dieta é composta por grãos com baixos teores em ácidos graxos insaturados há pequeno ou nenhum efeito sobre a produção de gordura do leite (Chilliard et al., 2001). De modo geral, a alteração do perfil de ácidos graxos da gordura do leite e a consequente depressão da gordura do leite (DGL) devem envolver produtos de bactérias ruminais que são produzidos na presença de dietas que induzem uma alteração dos processos microbianos e o consumo de ácidos graxos insaturados.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CLA, conjunto de isômeros geométricos do ácido linoléico que tem propriedades bioativas distintas (anticarcinogênicas, hipocolesterolêmica, combate a obesidade e participa na modulação do sistema imune) é originário da biohidrogenação dos ácidos linoléico e linolênico no rúmen ou da desaturação do ácido *trans*-11 na glândula mamária e no intestino delgado.

As rações comerciais podem ser modificadas para permitir uma produção de leite com baixo teor de gordura, enquanto mantém a boa saúde animal e atende a demanda do mercado consumidor como alimento funcional, pela alteração da biohidrogenação dos ácidos graxos pelos microorganismos ruminais, resultando no aumento do conteúdo de CLA e ácidos graxos *trans*-18:1 no leite, pela mudança do padrão dos ácidos graxos da gordura tanto em quantidade como em qualidade (saturados versus insaturados).

### REFERÊNCIAS

Abu-Ghazaleh A.A., Schingoethe D.J., Hippen A.R. 2001. Conjugated linoleic acid and other beneficial fatty acids in milk fatty from cows fed soybean meal, fish meal, or both. *Journal Dairy Science*. 84:1845-1850.

Ashes J.R., Gulati S.K., Scott T.W. 1997. Potential to alter the content and composition of milk fatty through nutrition. *Journal Dairy Science*. 80:2204-2212.

Bauman D.E. & Griinari J.M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fatty: low-fatty milk syndrome. *Livestock Production Science*. 70:15-29.

Baumgard L.H., Corl B.A., Dwyer D.A., et al. 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fatty synthesis. *American Journal of Physiology – Regulatori Integrative and Comparative Physiology*. 278(1):179-184.

Baumgard L.H., Sangster J.K., Bauman D.E. 2001. Milk fatty synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition*. 131(6):1764-1769.

Bessa R.J.B., Santos-Silva J., Ribeiro J.M.R., et al. 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*. 63: 201-211.

Blankson H., Stakkestad J.A., Fagertun H., et al. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *Journal of Nutrition*. 130(12):2943-2948.

Chalupa W., Rickabaugh B., Kronfeld D.S., et al. 1984. Rumen fermentation in vitro as influenced by long-chain fatty acids. *Journal Dairy Science*. 67:1293-1301.

Chalupa W., Vecchiarelli B., Elser A.E., et al. 1986. Ruminant fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. *Journal Dairy Science*. 69:1439-1444.

Chilliard Y., Ferlay A., Doreau M. 2001. Effect of different types of forages, animal fatty oils in cow's diet on milk fatty secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*. 70:31-48.

Chouinard P.Y., Corneau L., Saebo A., et al. 1999. Milk yield and abomasal infusion of conjugated linoleic acids in dairy cows. *Journal Dairy Science*. 82:2737-2745.

Chouinard P.Y., Corneau L., Butler W.R., et al. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid. *Journal Dairy Science*. 84:680-690.

Clegg R.A., Barber M.C., Pooley L., et al. 2001. Milk fatty synthesis and secretion: molecular and cellular aspects. *Livestock Production Science*. 70:3-14.

Corl B.A., Baumgard L.H., Dwyer D.A., et al. 2000. The role of delta-9-desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA and other delta-9-desaturase fatty acids in milk fat. *Journal of Dairy Science*. 83. Suppl 1:S167.

Demeyer D. & Doreau M. 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*. 58:593-607.

Dhiman T.R., Anand G.R., Satter L.D., et al. 2000. Conjugated linoleic acid content of milk from cows on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk from lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 83:2520-2528.

Drackley J.K., Beaulieu A.D., Elliott. 2001. Responses of milk fatty composition to dietary fatty or non-structural carbohydrates in Holstein and Jersey cows. *Journal Dairy Science*. 84:1231-1237.

Fonseca F.A. 1995. *Fisiologia da Lactação*. Imprensa Universitária: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, p.137.

Granlund L., Juvet L., Pedersen J., et al. 2003. *Trans*-10, *cis*-12-conjugated linoleic acid prevents triacylglycerol accumulation in

adipocytes by acting as a PPAR $\gamma$  modulator. *Journal of Lipid Research*. 44(8):1441-1452.

Gulati S.K., Kitessa S.M., Ashes J.R., et al. 2000. Protection of conjugated linoleic acids from ruminal hydrogenation and their incorporation into milk fatty. *Animal Feed Science and Technology*. 86:139-148.

Hobson P.N. & Stewart C.S. 1997. The rumen microbial ecosystem. Chapman & Hall: London, p.318.

Jenkins T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal Dairy Science*. 76:3851-3863.

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

Kelley M.L., Berry J.R., Dawer D.A., et al. 1998. Dietary fatty acid sources affected conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 80:2104-2114.

Kennelly J.J., Robinson B., Khorasani G.R. 1999. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in early-lactation Holstein cows. *Journal Dairy Science*. 82:2486-2496.

Lee K.N., Pariza M.W., Ntambi J.M. 1998. Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-Coa desaturase mRNA expression. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 248:817-821.

Mourão D.M., Monteiro J.B.R., Costa N.M.B., et al. 2005. Ácido linoléico conjugado e perda de peso. *Revista de Nutrição*. 18(3):391-399.

Parodi P.W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic. *Journal Dairy Science*. 82:1339-1349.

Pennington J.A., Davis C.L. 1975. Effects of intraruminal and intra-abomasal additions of cod-liver oil on milk fatty production in the cow. *Journal Dairy Science*. 58:49-55.

Ramaswamy N., Baer R.J., Schingoethe D.J., et al. 2001. Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination. *Journal Dairy Science*. 84:2144-2151.

Staples C. 2001. Fatty supplementation strategies for lactating dairy cows diets. In: *Simpósio Internacional em Bovinos de Leite: Novos Conceitos em Nutrição*. Lavras: UFLA – FAEPE. 2:161-178.

Valadares Filho S.C. 2000. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. *Anais XXXVII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 267-337, Viçosa, MG. 1 CD-ROM.

Van Soest P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>a</sup> ed. Ithaca-NY: Cornell University Press. p.476.

Ward T.A., Wittenberg K.M., Przybylski R. 2002. Bovine milk fatty acid profiles produced by feeding diets containing solin, flax and canola. *Journal Dairy Science*. 85:1191-1196.

Whitlock L.A., Schingoethe D.J., Hippen A.R., et al. 2002. Fish oil and extruded soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. *Journal Dairy Science*. 85:234-243.