

ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 E ÔMEGA 6: IMPORTÂNCIA NO METABOLISMO E NA NUTRIÇÃO*

Introdução

Os seres humano vêm modificando seus hábitos nutricionais à medida que gerações vão passando durante a evolução, do caçador nômade dos primórdios de sua formação a agricultor, produtor de alimentos. Estima-se que durante estes dois períodos, que envolveram milhares de anos, a natureza disponibilizava de forma natural para seu consumo, alimentos com relações equilibradas em ômega-6 e ômega-3 da ordem de 2:1 a 3:1 (em peso), a partir de um importante consumo de vegetais (sementes, folhas e raízes), como também do aporte de produtos marinhos, que apresentam adequadas concentrações de ômega-3 (Eaton et al., 1998).

Segundo relatório da FAO de 1994, estima-se que as dietas de certas comunidades ocidentais incluíam proporções médias de ômega-6 e ômega-3, de em torno de 20:1 a 25:1, bastante diferentes do consumo de nossos antepassados e das recomendações atuais WHO/FAO, 5:1 a 10:1. Frente a isso, em vista da evolução industrial observada no século XX, a emergência de alimentos processados e a hidrogenação dos óleos vegetais reduziram ainda mais as concentrações de ácidos ômega-3, aumentando o conteúdo de ácidos ômega-6 em nossas dietas.

Historicamente os produtos de origem animal e seus derivados (lácteos e cárnicos) constituem-se a base da alimentação humana. No entanto, por várias décadas estes produtos e subprodutos foram taxados como perniciosos à manutenção das condições de saúde. Contudo, diversos trabalhos têm evidenciado que este é um assunto muito complexo e, que na atualidade, maiores concentrações de frações de gordura apresentam efeito antioxidante, relacionado diretamente à prevenção de diversas enfermidades de forte potencial de acometimento à saúde humana (NRC, 1996 e outros).

Assim, o leite em vista de sua importante concentração em ácidos gordurosos pertencentes à classe ômega, pode consolidar-se definitivamente como um produto natural não agressivo à saúde e, sendo capaz de proporcionar segurança alimentar para uma população cada vez mais preocupada em usufruir de uma alimentação saudável.

Os ácidos graxos

As gorduras e óleos são reconhecidos como nutrientes essenciais na alimentação humana e animal e proporcionam a fonte mais concentrada de energia que se tem conhecimento. A essencialidade de certos ácidos graxos foi descrita pela primeira vez por Burr (1929) apud Valenzuela (2002) e reafirmada por inúmeros trabalhos de pesquisa, sendo determinada pela

* Seminário apresentado pelo aluno José Luiz Ferraz Aires na disciplina de BIOQUÍMICA DO TECIDO ANIMAL, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no primeiro semestre de 2005. Professor responsável pela disciplina: Félix H. D. González.

impossibilidade dos animais (diferente dos vegetais) em sintetizar estes ácidos graxos a partir de precursores estruturalmente mais simples (Specher, 1981).

Os vegetais terrestres e marinhos podem sintetizar ácidos graxos a partir de precursores mais simples e os peixes e outros animais podem alongar e dessaturar estes ácidos graxos transformando-os em ácidos graxos poliinsaturados (PUFA - Simopoulos, 1991). Em contrapartida, os mamíferos apesar de possuírem a capacidade para alongar e dessaturar os ácidos graxos para transformá-los, posteriormente, em ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, só o fazem a partir de precursores que devem estar presentes na constituição de sua dieta nutricional (Brenner, 1987). Este é o caso dos ácidos pertencentes à série ômega.

Tabela 1: Principais ácidos graxos com número de carbonos e sua relação (%) com a gordura total em vacas da raça Holandesa.

Ácido graxo	Nº de carbonos	% em relação à gordura total
Butírico	(C4)	3,4
Capróico	(C6)	2,0
Caprílico	(C8)	1,2
Cáprico	(C10)	2,9
Láurico	(C12)	3,4
Mirístico	(C14)	7,8
Palmítico	(C16)	28,2
Palmitoleico	(C16 : 1)	2,2
Esteárico	(C18)	13,3
Oleico	(C18 : 1)	29,8
Linoléico	(C18 : 2)	3,6
Outros		2,1
Total		100

Fonte: Adaptado de Waghor e Baldwin (1984)

Os ácidos graxos fazem parte da estrutura de grande parte dos lipídios, apresentando, normalmente, números pares de átomos de carbonos sem ramificações, exceção feita aos ácidos graxos bacterianos, como os das bactérias do rúmen, que são ímpares e ramificados. No caso dos ácidos graxos voláteis (AGV), os mesmos são constituídos por 1 a 5 carbonos, são hidrossolúveis, encontram-se altamente concentrados no rúmen e assumem papel de grande importância no metabolismo energético (González, 2003).

Os ácidos graxos essenciais (aqueles que os animais não conseguem sintetizar), encontram-se principalmente na composição das células vegetais, sendo sua presença imprescindível na dieta, especialmente, em se tratando dos ácidos linoléico e o linolênico.

A fonte primária para a síntese dos ácidos graxos é o acetato proveniente do rúmen, sendo que o tecido adiposo e a glândula mamária (tecido alveolar) constituem-se como os principais sítios para a sua síntese (González, 2003)

Importância dos aspectos nutricionais do animal na definição da composição dos ácidos graxos

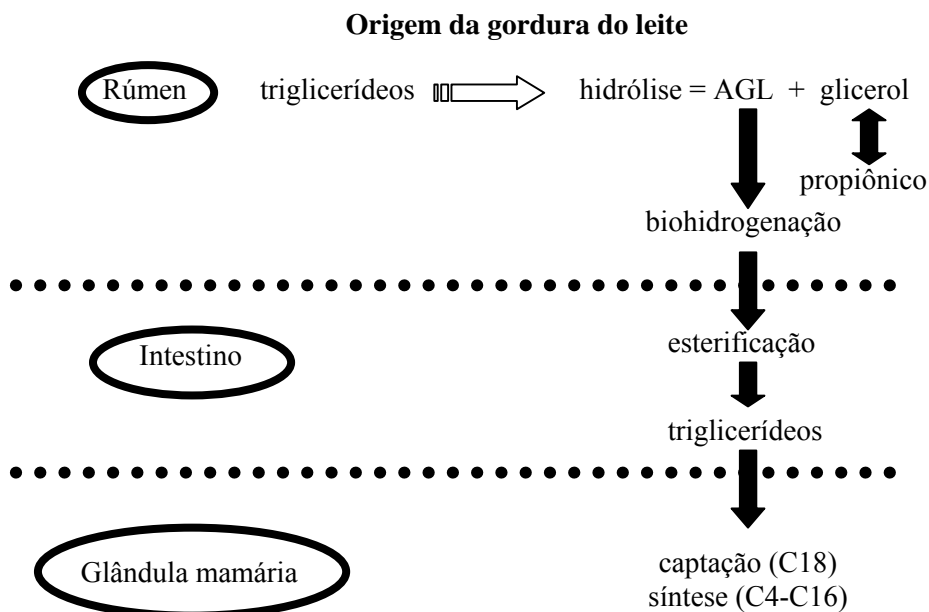
A síntese da gordura do leite é um processo muito dinâmico e envolve um grande número de variáveis, responsáveis por marcantes oscilações quantitativas. Entre estas variáveis podemos citar fatores associados ao ambiente (características nutricionais, sazonalidade e práticas de manejo); fatores intrínsecos ao animal (genética, estado sanitário, balanço energético e período de lactação) e fatores metabólico-nutricional (Barros, 2001).

Origem e composição da gordura

A vaca recebe aproximadamente a metade da gordura necessária para a síntese do leite através da alimentação, sendo que nos ruminantes, a fonte primária para a síntese de ácidos graxos é o acetato oriundo do rúmen.

Segundo Barros (2001), a gordura do leite, origina-se (sob o enfoque da relação entre rúmen, intestino e glândula mamária), a partir do seguinte processo de formação:

- a) a gordura disponibilizada ao rúmen por via digestiva, é transformada pela ocorrência de dois processos: primeiro, os triglicerídeos são hidrolisados produzindo ácidos graxos livres e glicerol, precursor do ácido propiônico, que contribuirá na formação da lactose; segundo, os ácidos graxos livres de cadeia longa sofrem um processo de biohidrogenação no rúmen, que permite torná-los mais disponíveis para a assimilação no intestino;
- b) no intestino, os ácidos graxos livres sofrem esterificação convertendo-se em triglicerídeos, os quais são absorvidos pela corrente sangüínea que os transporta à glândula mamária;
- c) os triglicerídeos são então “captados” pela glândula mamária para a formação de gordura de cadeia longa com 18 carbonos.



Fonte: Adaptado de Barros (2001).

Figura 1 : Origem da gordura do leite: do rúmen à glândula mamária.

De acordo com o exposto, os ácidos graxos de cadeia longa são transferidos diretamente do sangue para a glândula mamária, porém, a maioria dos ácidos graxos encontrados no leite são os que apresentam cadeias curtas (menos de 16 carbonos), os quais são sintetizados pelas células da glândula mamária.

Porcentagem de gordura no leite

Os processos metabólicos que regulam a composição e a produção de leite são controlados pela quantidade e qualidade dos nutrientes absorvidos e pelo uso destes nutrientes pelos diferentes tecidos.

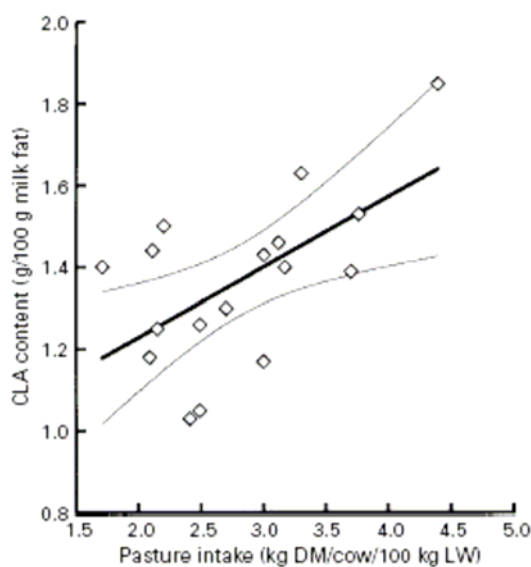
A gordura é um dos componentes de maior variação em sua concentração no leite, sendo que se esta variação for considerada somente sobre os sólidos totais, a gordura apresentará as maiores variações. Esta porcentagem de variação é fortemente influenciada por fatores de ordem genética e ambiental, dentre os quais o manejo nutricional exerce marcada e notória influência.

Atualmente, duas teorias explicam a síndrome da redução da gordura ou depressão da gordura do leite (DGL) de ruminantes. A hipótese tradicional para explicar esta ocorrência é a teoria glicogênica/insulina, que se fundamenta no princípio de que um aumento no consumo de alimentos concentrados irá elevar as concentrações de insulina circulantes, a qual aumentará a remessa de nutrientes para deposição no tecido adiposo, diminuindo a quantidade de precursores (acetato) para a síntese de gordura na glândula mamária (Van Soest, 1994; Mertens, 2001).

Vários autores não observaram, no entanto, a dita depressão quando os níveis de insulina encontravam-se elevados (McGuire et al., 1995; Griinari et al., 1997).

Em vista das diferenças apontadas nestes trabalhos, foi levantada a hipótese de que a inibição da síntese da gordura pudesse estar relacionada à alguma substância produzida no rúmen, em animais alimentados com gordura poliinsaturada. Descobertas realizadas sobre a atuação dos ácidos ômega 6 (Ω -6) e ômega 3 (Ω -3), mostraram que o ácido linoléico conjugado (ALC) exerce importante papel na nutrição, em vista de sua capacidade de atuar no “equilíbrio” entre as concentrações de Ω -6 e Ω -3. Neste sentido, inicialmente a DGL foi atribuída à ação específica do trans 18:1, no entanto, posteriormente também o trans 18:2 (ácido linoléico conjugado) foi relacionado à DGL, uma vez que existe correlação positiva entre as concentrações de 18:1 e 18:2 (Jiang, 1996 entre outros). Mais recentemente, Baumgard et al. (2000), demonstraram que o isômero específico responsável pela síntese de gordura na glândula mamária é o 18:2 trans 10.

As concentrações de ALC têm sido relacionadas positivamente ao leite oriundo de animais alimentados com forragens (Kelly et al., 1998, Dhiman et al., 1999 e Stockdale et al., 2003). Nos últimos anos observa-se um importante aumento de trabalhos voltados ao estudo desta relação, aos quais foram acrescentadas variáveis relativas à qualidade do produto final, aos benefícios para o consumidor e ao bem-estar dos animais mantidos em ambientes pastoris.



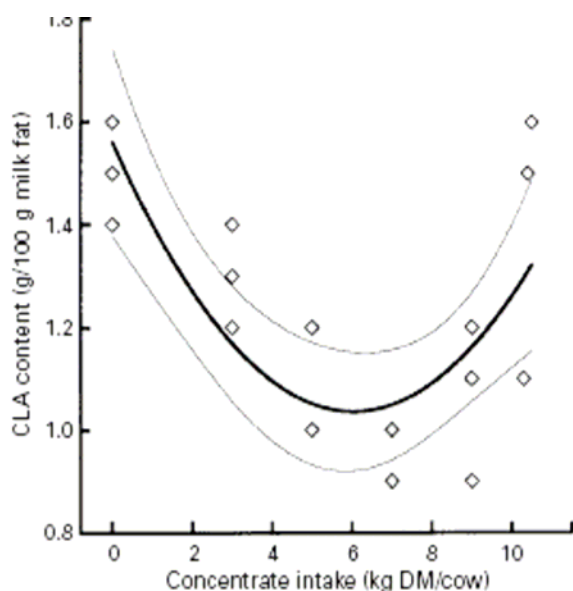
Fonte: Stockdale et al., 2003.

Figura 2: Efeito do consumo diário de pastagens sem suplementação de alimentos concentrados, na concentração de ALC contido na gordura do leite.

As variáveis anteriormente referidas geram uma considerável expectativa, não somente para consumidores, como também, para técnicos que atuam nesta área. Para os primeiros, a

preocupação com a saúde e os reflexos da qualidade dos alimentos representa fator decisivo na escolha dos produtos. No caso dos técnicos observa-se uma situação paradoxal: se a produção de leite em pastagens apresenta um produto final mais qualificado do ponto de vista sanitário, qual será o comportamento dos sistemas de produção de leite que utilizam-se de grande quantidade de alimentos concentrados na constituição da dieta dos animais? Acrescentam-se a este contexto a influência dos meios de comunicação de massa cada vez mais marcante na formação de opinião e a crescente consciência das pessoas no que se refere à preservação dos recursos ambientais.

A concentração de ALC no leite descreve uma correlação negativa com o consumo de alimentos concentrados (fig. 3). Isto é explicado pelo fato de que o consumo de amido tende a diminuir o número de bactérias engajadas nos processos de biohidrogenação (Gerson et al., 1985).



Fonte: Stockdale et al., 2003

Figura 3: Efeito do consumo diário de alimentos concentrados, na concentração de ALC contido na gordura do leite.

Segundo Griinari et al. (1999), o aumento da concentração do ALC no leite é relacionado positivamente no leite oriundo de vacas com teores deprimidos de gordura.

A produção de ALC está desta forma, relacionada com a taxa de biohidrogenação e esta se encontra dependente do tempo de retenção dos alimentos no rúmen e da qualidade da fibra (Stockdale et al., 2003).

Processamento dos ácidos graxos

Os ruminantes apresentam como principal característica a peculiaridade de um sistema digestivo composto por um estômago formado por quatro compartimentos distintos (rúmen, retículo, omaso e abomaso), nos quais é realizada a digestão fermentativa, que precede a digestão enzimática. Esta estrutura do sistema digestivo capacita os ruminantes a aproveitar com grande eficiência os alimentos compostos por grande concentração fibrosa.

Os animais diferentemente dos vegetais não estão habilitados para formar os ácidos linoléico (C18:2, $\Delta^{9,12}$) e linolênico (C 18:3, $\Delta^{9, 12, 15}$) a partir do ácido oléico (C 18:1) em vista da impossibilidade da introdução de duplas ligações entre o C10 e o extremo metila (extremo Ω) do ácido graxo (González, 2003).

As gorduras de origem vegetal são altamente insaturadas (deficientes em átomos de hidrogênio), por esta razão, após sua ingestão pelos animais e, antes de ser absorvida pela corrente sanguínea na forma de triglicerídeos, necessita ser hidrogenada.

Os alimentos compostos por lipídios, após chegarem ao rúmen são hidrolisados pela ação de microorganismos, que os transformam em ácidos graxos, glicerol ou outros compostos (Church, 1988). Portanto, as bactérias do rúmen têm entre outras funções a responsabilidade de hidrogenar os ácidos graxos insaturados. O processo de hidrólise produz glicerol, substância aproveitada pelas bactérias para a produção de AGV's, que por sua vez não são aproveitados pelas mesmas para a produção de energia, devido ao fato de tratar-se de compostos de composição muito reduzida, incorporados a seu citoplasma na forma de ácidos graxos livres.

Constituição e diferenciações na estrutura química dos ácidos graxos

Ácidos graxos saturados: são aqueles que contém uma única liga entre carbonos.

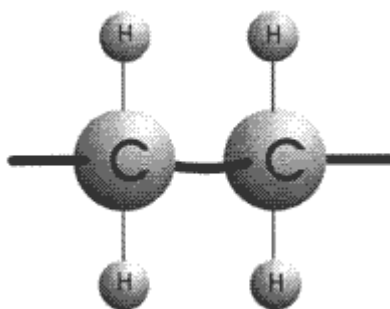


Figura 4: ácido graxo saturado (ligação saturada)

Ácidos graxos insaturados: são aqueles que contém dupla ligação entre carbonos.

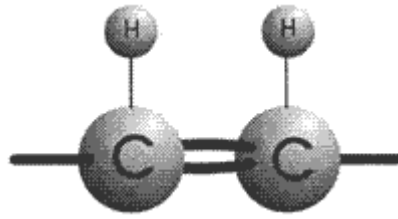


Figura 5: Ácido graxo não saturado (ligação não saturada).

Quando um ácido gorduroso contiver uma dupla ligação é chamado monoinsaturado, assim como, os que apresentam mais de uma dupla ligação entre carbonos se denominam ácidos poliinsaturados. Quando dois ácidos gordurosos são semelhantes, com exceção apenas da posição da dupla ligação entre carbonos, são chamados de isômeros posicionais. Embora as ligações duplas normalmente ocorram em uma posição não conjugada, podem também acontecer em uma posição conjugada (alternada por uma ligação simples).

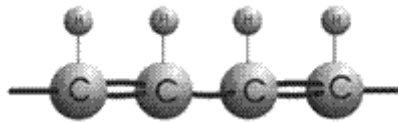


Figura 6: Ligação conjugada.

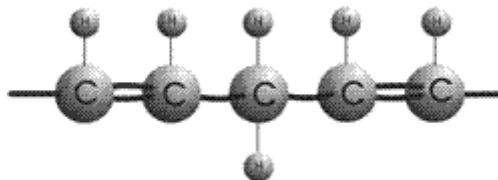


Figura 7: Ligação não conjugada.

Isomerismo dos ácidos graxos insaturados: Isômeros são duas ou mais substâncias compostas dos mesmos elementos, combinados na mesma proporção, mas, diferindo quanto à sua estrutura molecular. Os tipos mais importantes são:

- a. Isomerismo geométrico: os ácidos graxos insaturados podem existir tanto na forma Cis como na Trans, dependendo da configuração dos átomos de hidrogênio anexarem-se as duplas ligações de carbono.
- b. Isomerismo posicional: neste caso o local da dupla ligação difere entre os isômeros.

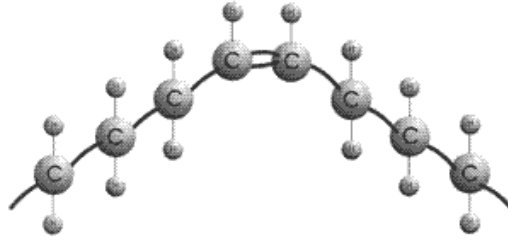


Figura 8: ácido graxo insaturado (cis)

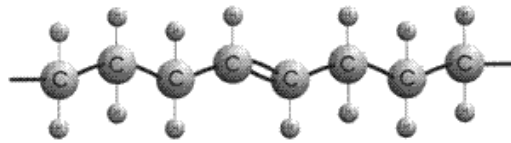
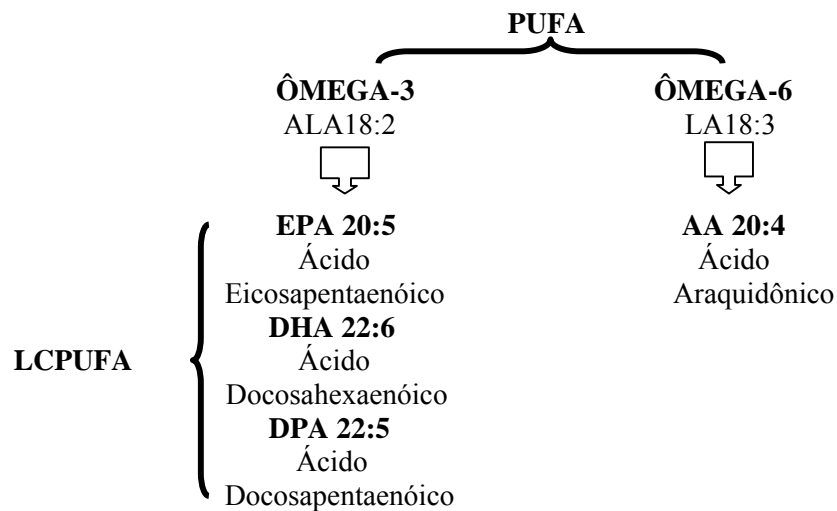


Figura 9: ácido graxo insaturado (trans)

Ácidos ômega-6 e ômega-3

São duas famílias de ácidos gordurosos poliinsaturados (**PUFA**), cada uma representada por um ácido essencial: o ácido linoléico (C18:2, LA, família ômega-6) e o ácido alfa-linolênico (C18:3, LNA, família ômega-3), que por sua vez, dão origem a outros ácidos essenciais de cadeias mais longas, chamados de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (**LCPUFA**).



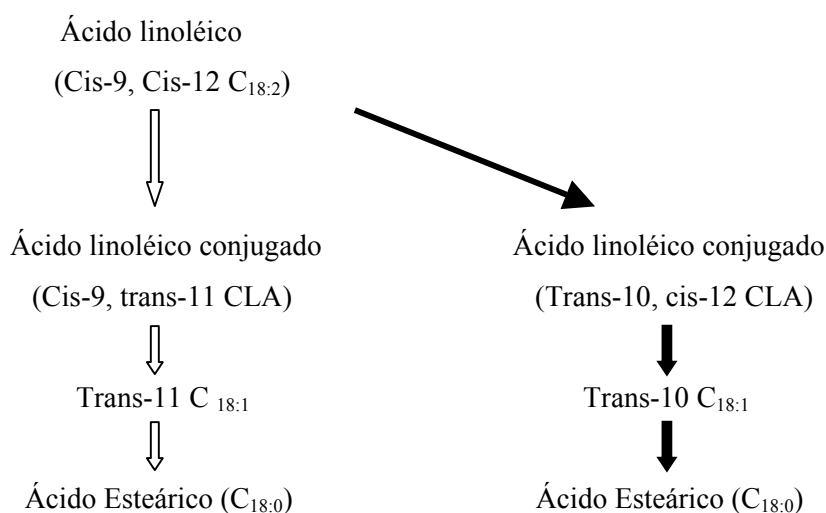
Fonte: Adaptado de Valenzuela (2002)

Figura 10: Conversão de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), ácido alfa-linolênico (ALA) e ácido linoléico (AL) em ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (LCPUFA) do tipo ômega-3 e ômega-6.

Biohidrogenação dos ácidos graxos

Após serem hidrolisados, os ácidos graxos são submetidos ao processo de isomerização, que constitui-se como etapa intermediária à realização da biohidrogenação. A isomerização consiste em transformar locais e conformações geométricas de algumas ligações *cis* que são convertidas em *trans*. Após este processo, desenvolve-se a biohidrogenação no rúmen, que caracteriza-se pela adição de hidrogênio aos ácidos graxos, nos sítios onde estes apresentam duplas ligações (Church, 1988), aumentando o grau de saturação destes, e também permitindo um aumento de sua absorção pelas células do intestino delgado (Barros, 2001).

A bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens* (Kepler & Tove, 1967 apud Dhiman, 1999) é a responsável pela biohidrogenação que ocorre no rúmen. Sua atuação determina a alteração de alguns isômeros oriundos do C 18:2, caracterizando-os como produtos intermediários do processo da biohidrogenação (fig. 11).



Fonte: Adaptado de Bauman e Griinari (2001)

Figura 11: Vias da biohidrogenação ruminal do ácido linoléico

Na atualidade, este mecanismo compete com o excesso de formação de ácido acético para explicar a depressão gordurosa do leite (González, 2004) sob determinadas condições. Para a síntese do leite também podem ser aproveitados os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) que foram ingeridos e que escaparam da biohidrogenação, pois, poderão ser absorvidos após a ruminação no intestino delgado.

O processo de biohidrogenação é dependente das condições de pH verificadas no rúmen, sendo que à medida que o pH torna-se ácido; diminui o percentual de ácidos graxos biohidrogenados. Portanto, este processo tem íntima relação com a composição nutricional da dieta ingerida diariamente pelo ruminante.

Ainda que as razões para a realização da biohidrogenação dos ácidos graxos pelos microorganismos não estejam completamente elucidadas, a interpretação mais corrente, é que a mesma tenha uma função de detoxificação, pois, os ácidos graxos insaturados são tóxicos para alguns microorganismos. Porém, uma mesma tendência tem sido observada em diferentes trabalhos: a biohidrogenação de alimentos com alto teor de fibras na matéria seca (volumosos), aumenta a concentração de ácido linoléico conjugado (CLA, cis-9, trans-11) no leite dos ruminantes (Kelly et al., 1998; Dhiman et al., 1999), razão pela qual este isômero tem recebido uma atenção especial da Medicina em virtude de seus efeitos positivos sobre a saúde humana.

Funcionalidade e efeitos medicinais dos ácidos ômega

Os ácidos ômega-6 e ômega-3 são conhecidos como ácidos gordurosos essenciais, porque os humanos tal como os mamíferos, não podem sintetizá-los e, portanto, precisam obtê-los a partir da dieta (Brenner, 1987). Os humanos e os animais carnívoros, podem converter o ácido linoléico (LA, ômega-6) em ácido araquidônico (AA, C20 : 4, Ω 6), e o ácido alfa-linoléico (ALA, ômega-3) em ácido eicosapentaenóico (EPA, C20 : 5, Ω 3), ácido docosaenóico (DHA, C 22 : 6, Ω 3) e ácido docosapentaenóico (DPA, C22 : 5, Ω 3). Ainda que seja reconhecida a competição entre as famílias Ω -6 e Ω -3 pelas mesmas enzimas de dessaturação (delta-6 saturase), estas preferem os ácidos ômega-3 em relação aos ácidos ômega-6 (Fagundes, 2002).

A família ômega-6 produz eicosanóides inflamatórios e cancerígenos, aumentando o risco de situações como: câncer, morte súbita, doenças cardíacas, vasoconstrição, aumento da pressão arterial, elevação da taxa de triglicerídeos, artrite, depressão entre outras doenças inflamatórias.

Os ácidos graxos ômega-3 são antiinflamatórios, antitrombóticos, antiarrítmicos e reduzem os lipídeos do sangue, tendo propriedades vasodilatadoras. Esses efeitos benéficos foram demonstrados na prevenção de doenças cardíacas, da hipertensão, do diabete tipo 2, da artrite reumatóide entre outras (Yehuda, 1997 apud Fagundes, 2002).

De acordo com vários estudos, as doenças degenerativas como diabete, artrite e o câncer, estão relacionadas em parte à desproporção atual da concentração dos ácidos ômega-6 e ômega-3 que constituem nossa alimentação, ou seja, uma grande concentração de ômega-6 e uma escassez de ômega-3 (Fagundes, 2002). Assim, segundo Simopoulos et al. (1999), é consenso científico de que é necessário reduzir a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 das dietas e aumentar a concentração de ácidos ômega-3. A afirmação tem como ponto central de embasamento, a justificativa de que, nas dietas do mundo ocidental, são utilizados de forma excessiva óleos vegetais ricos em ômega-6, que originam-se do processamento industrial de hidrogenação. Este tipo de processamento é verificado intensamente na atualidade e objetiva fazer com que os óleos vegetais tornem-se mais estáveis e menos susceptíveis a rancificação, apresentando, portanto, um maior tempo de vida útil de “prateleira”.

Segundo Fagundes (2002), este desequilíbrio entre essas duas famílias de ácidos é “apenas parte do problema” relativo à doenças degenerativas. Ainda mais difícil é a previsão sobre os resultados finais deste desequilíbrio sobre a composição da gordura, uma vez que estes ácidos competem em humanos pela mesma enzima para dessaturação (delta-6 dessaturase), assim como, seus principais derivados (AA e EPA) também apresentam concorrência por um único sítio para sua dessaturação realizada pela enzima delta-5 dessaturase.

Considerações finais

Constata-se, a partir das leituras realizadas, que é ponto consensual no meio científico, a necessidade de redução na quantidade de ácidos ômega 6 e aumento da concentração de ácidos ômega 3 em nossa alimentação. A utilização intensiva de volumosos de qualidade, em quantidades adequadas ao atendimento das necessidades nutricionais diárias e da produção dos bovinos leiteiros, é uma ferramenta eficiente para reduzir os efeitos da depressão da gordura do leite e, outras dificuldades inerentes ao desempenho da lactação; pelo animal, em virtude do aumento da concentração de ácido linoléico conjugado. Este isômero, também poderá possibilitar a prática incomum de alterar a composição do leite por intermédio da nutrição dos animais, contribuindo assim, para viabilizar a possibilidade do “planejamento” da composição do leite de acordo com a necessidade e demanda pelo consumidor;

Acredita-se que a partir do momento em que os meios de comunicação de massa difundir os benefícios que podem ser proporcionados ao consumidor, através do consumo de produtos com maiores teores de ácido linoléico conjugado; especialmente os compostos do leite, aumentará a demanda, motivando então a indústria, que poderá proporcionar incentivos ao produtor na forma de pagamento por qualidade ao produto.

Referências bibliográficas

- BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D. E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **The American Journal of Physiology**, v. 278, p. 179-184, 2000.
- BAUMAN, D. E. & GRINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v. 70, p. 15-29, 2001.
- BRENNER, R. R. Biosynthesis and interconversion of essential fatty acids. In: A. L. Willis. **Handbook of eicosanoids: prostaglandins and related lipids, v. 1, Chemical and biochemical aspects, part A**, Florida (USA): CRC Press, 1987. p. 99-117.
- BARROS, L. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: Ed. González, F. H. D. et al., Porto Alegre, 2001. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 44-57.
- CHURCH, D. C. **El rumiante: fisiología digestiva y nutrición**. Ed. Acribia. Zaragoza, 1998. 630 p.
- DHIMAN, T. R.; ANAND, G. R.; SATTER, L. D.; PARIZA, M. W. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 10, p. 2146-2156, 1999.

- EATON, S. B.; EATON III, S.; SINCLAIR, L.; CORDAIN, L.; MANN, N. Dietary intake of long-chain polyunsaturated fatty acids during the paleolithic. **World Review of Nutrition and Dietetics** v.83, p.12-23, 1998.
- FAGUNDES, L. A. Ômega-3 & Ômega-6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças. Porto Alegre: Fundação de Radioterapia do Rio Grande do Sul, 2002. 111 p.
- FAO Fats and oils in human nutrition. 1994, paper n. 57.
- GERSON, T. JOHN, A. KING, S. D. The effects of dietary starch and fibre on the in vitro rates of lipolysis and hydrogenation by sheep rumen digesta. **Journal of Agricultural Science**, v. 105, p. 27-30. 1985.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p.66.
- GONZÁLEZ, F.H.D. Pode o leite refletir o metabolismo da vaca? In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE. Passo Fundo-RS, 2004. CD ROM.
- GRIINARI, J. M.; MCGUIRE, M. A.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E.; PALMQUIST, D.L. Role of the insulin in the regulation of milk fat synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 80, p.1076-1084. 1997.
- JIANG, J.; BJOERCK, L.; FONDÉN, R. EMANUELASON, M. Occurrence of conjugated Cis-9, Trans-11-Octadecadienoic acid in bovine milk: Effect of feed and dietary regimen. **Journal of Dairy Science**. v. 79, p. 438-455. 1996.
- KELLY, M. L.; KOLVER, E. S.; BAUMAN, D. E.; VAN AMBURGH, M. E.; MULLER, L. D. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. **Journal of Dairy Science**. v. 81, p. 1630-1636. 1998.
- MERTENS, D. R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOS DE LEITE, 2, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, p.25-36, 2001.
- MCGUIRE, M. A.; GRIINARI, J. M.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E. Role of insulin in the regulation of mammary synthesis of fat and protein. **Journal of Dairy Science**. v. 78, p. 816-824. 1995.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Carcinogens and anticarcinogen in the human diet. Washington, DC: National Academy Science, 1996.
- SPECHER, H. Biochemistry of essential fatty acids. **Progress in Lipid Research**. v. 20, p. 217-225. 1981.
- SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **American Journal of Clinical Nutrition** v. 54, p. 438-463. 1991.
- SIMOPOULOS, A. P. et al. Workshop on the essentiality of a recommended dietary intakes of omega-6 and omega-3 fatty acids. **Journal of American College of Nutrition**. v. 18, p. 487. 1999.
- STOCKDALE, C. R.; WALKER, G. P.; WALES, W.J.; DALLEY, D. E.; BIRKETT, A. SHEN, Z.; DOYLE, P.T. Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acids composition of milk. **Journal of Dairy Research**. v. 70, p. 267-276. 2003.
- VALENZUELA, A. B. Importância nutricional dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (PUFA Ômega-3): o benefício da suplementação com estes ácidos graxos. Disponível em: <<http://www.scielo.cl/scielo.php>>. Acesso em: abril/2005.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. Ed. Cornell University Press, Ithaca. 1994.
- WAGOR, G. S.; BALDWIN, R. L. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 531. 1984.