

Associação entre o óleo de soja e o óleo de peixe na dieta de cabras em lactação como estratégia para melhorar o perfil de ácidos graxos do leite

[Association between soybean oil and fish oil in the diet of lactating goats as a strategy to improve milk fatty acids profile]

A.L.M. Selegato¹, R.S. Gentil¹, C.P. Noll¹, E.M. Ferreira², A.V. Pires¹, O.C. Almeida³, M.O.M. Parente⁴, D.M. Polizel¹, I. Susin^{1*}

¹Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Piracicaba, SP

²Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa, PR

³Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns – Garanhuns, PE

⁴Universidade Federal do Maranhão – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – Chapadinha, MA

RESUMO

Os objetivos neste experimento foram avaliar os efeitos da associação entre o óleo de soja e o óleo de peixe na dieta de cabras em lactação sobre o consumo de matéria seca e de nutrientes, a variação do peso corporal, a produção e composição do leite, assim como o perfil de ácidos graxos. As cabras foram alocadas em baias individuais, onde receberam dieta composta por 50% de feno de “coastcross” e 50% de concentrado. Foram utilizadas nove cabras mestiças Boer x Saanen multíparas, distribuídas em três quadrados latinos 3 X 3. O experimento teve duração de 51 dias, divididos em três períodos de 17 dias, sendo os 13 primeiros dias para adaptação dos animais às dietas e os 4 dias subsequentes para colheita de amostras e de dados. Os tratamentos experimentais foram: a) dieta controle (CT), sem adição de óleo; b) dieta contendo 3% de óleo de soja (OS); e c) dieta contendo 2,5% de óleo de soja + 0,5% de óleo de peixe (OS+P). A inclusão dos óleos reduziu ($P<0,05$) o consumo de matéria seca, no entanto aumentou ($P<0,05$) a eficiência alimentar dos animais, sem afetar ($P>0,05$) a produção de leite. Houve efeito ($P<0,05$) da dieta no perfil de ácidos graxos do leite, sendo que ambos os tratamentos com adição de óleo elevaram as concentrações de ácidos graxos de cadeia média e longa, reduzindo os de cadeia curta. O tratamento com a combinação do óleo de soja com o óleo de peixe foi o que promoveu os maiores aumentos na concentração de ácido vacênico (398%), rumênico (352%) e de CLA total (341%) no leite. Os resultados permitem concluir que a suplementação lipídica elevou a eficiência alimentar dos animais e que o fornecimento de óleo de soja em combinação ao óleo de peixe aumentou a concentração no leite dos ácidos graxos benéficos à saúde humana.

Palavras-chave: CLA, composição do leite, desempenho

ABSTRACT

The aims in this experiment were to determine the effects of the association between soybean and fish oils on dry matter intake (DMI) and nutrient intake, body weight change, milk production and composition and milk fatty acid profile of dairy goats. The animals were housed in tie stalls and fed a 50% of coastcross hay and 50% concentrate diet. Nine multiparous crossbred Boer x Saanen goats were assigned in three 3 X 3 Latin Squares. The experimental period lasted 51 days; divided into three periods of 17 days, being the first nine days used to adapt goats to diets and the 4 other days for data collection. Experimental diets were: a) control diet (CT) without oil; b) control diet supplemented with 3% of soybean oil (SO); and c) control diet supplemented with 2.5% of soybean oil plus 0.5% of fish oil (SO+F). DMI was negatively influenced by oil addition. However, feed efficiency was higher in diets with oils, maintaining similar milk production ($P>0.05$ for all comparisons). The supply of oils changed milk fatty acids profile ($P<0.05$), increasing the concentrations of medium and long-chain fatty acids and

Recebido em 6 de outubro de 2014

Aceito em 18 de junho de 2015

*Autor para correspondência (corresponding author)

E-mail: ivasusin@usp.br

reducing short-chain. Milk from goats fed the SO+F diet had higher concentration of vaccenic (398%), rumenic acid (352%) and total CLA (341%). The results indicate that the oil supply increased the feed efficiency of goats, and that the combination of soybean and fish oils caused a higher elevation of fatty acids considered to have health benefits.

Keywords: CLA, milk composition, performance

INTRODUÇÃO

O consumo de carne e produtos lácteos provenientes de ruminantes está frequentemente associado à incidência de doenças cardiovasculares por apresentar elevada concentração de ácidos graxos saturados (Jenkins *et al.*, 2008). Porém, como os efeitos maléficos estão diretamente ligados à fração lipídica, sendo esta o componente do leite mais susceptível à manipulação via dieta (Lucas *et al.*, 2008), pesquisadores têm concentrado esforços no sentido de promover alterações benéficas no perfil lipídico do leite de ruminantes.

Os ácidos linoleicos conjugados (CLA) têm despertado a atenção por desempenhar diversas atividades benéficas à saúde humana, como: ação anticarcinogênica (Bhattacharya *et al.*, 2006), redução na deposição de gordura corpórea (Jiang *et al.*, 2010), alterações na partição de nutrientes (Park *et al.*, 1997), redução no risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Pfeuffer e Scherenmeir, 2000) e modulação do sistema imune (Hu *et al.*, 2007).

Levando em consideração que a principal fonte natural de CLA na alimentação humana é o leite de ruminantes e derivados (Bauman *et al.*, 2006), vários estudos visando manipular o metabolismo ruminal para elevar o conteúdo de ácidos graxos benéficos vêm sendo realizados e, até o momento, a introdução de fontes de ácidos graxos insaturados às dietas dos animais tem apresentado os resultados mais promissores (Eifert *et al.*, 2006; Matsushita *et al.*, 2007).

A elevação da concentração de CLA no leite de ruminantes suplementados com fontes lipídicas é decorrente do maior aporte de precursores (ácido linoleico e ácido linolênico) para síntese ruminal do CLA e do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) (Harfoot e Hazlewood, 1997).

Apesar de o óleo de peixe não apresentar elevada concentração de ácido linoleico e linolênico, a elevação de CLA no leite de animais que o

consome é decorrente da inibição do grupo de bactérias, genericamente denominadas Grupo B, responsáveis pelo último passo da biohidrogenação do ácido vacênico a ácido esteárico; com isso, maior quantidade de ácido vacênico chega ao lúmen intestinal passível de ser absorvido e posteriormente convertido em CLA pela Δ^9 -desaturase entérica e mamária (Chilliard *et al.*, 2003).

Portanto, o presente experimento teve como objetivo avaliar os efeitos da complementaridade entre uma fonte rica em ácido linoleico (óleo de soja) e outra rica no ácido graxo docosahexaenoico (DHA) que é capaz de inibir o último passo da biohidrogenação ruminal sobre o desempenho e o perfil de ácidos graxos do leite de cabras.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, localizada em Piracicaba – SP, Brasil.

O protocolo de pesquisa e os procedimentos com os animais usados neste experimento foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa (CEUAP) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (protocolo 2011/15).

A partir de um grupo de 35 cabras em lactação, foram selecionadas nove cabras mestiças Boer x Saanen multíparas, com peso corporal médio de 58 ± 14 kg e produção média no início do experimento de $1,7 \pm 0,6$ kg de leite, com 64 ± 3 dias de lactação. As cabras foram alocadas em galpão coberto, em baias individuais do tipo “tie-stall”, medindo 0,50 x 1,2m, com piso ripado, providas de comedouro individual e bebedouro.

O delineamento experimental foi o quadrado latino triplo (3 x 3), sendo que o experimento

teve duração de 51 dias, os quais foram divididos em três períodos de 17 dias, sendo os 13 primeiros dias para adaptação às dietas experimentais e os 4 dias subsequentes para a colheita de dados e de amostras. Os tratamentos experimentais consistiram em uma dieta controle (CT), sem adição de óleo; uma dieta contendo 3% de óleo de soja (OS); e outra dieta contendo 2,5% de óleo de soja + 0,5% de óleo de peixe (OS+P) (Tab. 1). Os teores de inclusão dos óleos nas dietas foram definidos de acordo com

experimento prévio realizado com ovelhas lactantes (Ferreira *et al.*, 2014). As rações experimentais foram isonitrogenadas, contendo 50% de volumoso e 50% de concentrado, formuladas conforme as recomendações do NRC (2007) para atender às exigências nutricionais de cabras em lactação. A proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais encontram-se na Tabela 1. O perfil de ácidos graxos dos óleos utilizados encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS)

Item	Dietas ¹		
	CT	OS	OS+P
Ingredientes			
Feno de <i>coastcross</i>	50,0	50,0	50,0
Milho moído	37,6	33,8	33,8
Farelo de Soja	9,4	10,2	10,2
Ureia	0,5	0,5	0,5
Mistura mineral ²	2,5	2,5	2,5
Óleo de peixe	—	—	0,5
Óleo de soja	—	2,5	2,5
Composição química			
Matéria seca (% da MO)	89,3	89,23	89,17
Proteína bruta	13,0	13,2	13,2
Extrato etéreo	2,5	5,3	5,2
Fibra em detergente neutro	48,1	50,6	49,4
Matéria mineral	2,1	2,1	2,1
Energia líquida ³	1,5	1,6	1,6

¹CT: sem inclusão de óleo; OS: 3% óleo de soja; OS+P: 2,5% óleo de soja + 0,5% óleo de peixe. ²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1% Mg; 7% S; 14,5% Na; 21,8% Cl; 500ppm Fe; 300ppm Cu; 4.600 ppm Zn; 1.100 ppm Mn; 55 ppm I; 40 ppm Co; 30 ppm Se. ³Energia líquida de lactação - estimado utilizando o modelo SRNS, v. 1.8.7 (Tedeschi *et al.*, 2008).

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos do óleo de soja e do óleo de peixe

Ácidos graxos, g/100g	Óleo de soja	Óleo de peixe
C12:0 (láurico)	n.d. ³	n.d.
C14:0 (mirístico)	0,08	1,31
C16:0 (palmitico)	11,32	12,07
C16:1 (palmitoleico)	n.d.	1,29
C18:0 (esteárico)	4,05	3,46
C18:1 ω -9 (oleico)	23,38	21,96
C18:2 ω -6 (linoleico)	54,79	47,55
C18:3 ω -3 (linolênico)	4,9	5,19
C20:5 ω -3 (EPA – eicosapentaenoico)	n.d.	2,86
C22:6 ω -3 (DHA – docosahexaenoico)	n.d.	3,11
Saturados	15,64	17,55
PUFA ¹	60,98	59,06
MUFA ²	23,38	23,39
PUFA ω -6	56,08	47,55
PUFA ω -3	4,90	11,51

¹PUFA: ácidos graxos poli-insaturados. ²MUFA: ácidos graxos monoinsaturados. ³n.d.: não detectado.

Uma vez por dia as rações foram pesadas em balança de precisão de 10g e ofertadas *ad libitum*. No momento anterior à oferta, os óleos foram misturados aos ingredientes concentrados das rações e posteriormente ao feno de “coastcross”. Diariamente, as sobras de ração foram pesadas, amostradas (10%) e conservadas a -20°C para posterior análise. A quantidade de ração ofertada foi definida com base no consumo do dia anterior, de modo que as sobras não fossem superiores a 10% da quantidade ofertada.

Para avaliação da variação no peso corporal, as cabras foram pesadas em três dias consecutivos sem jejum alimentar, sendo as pesagens realizadas no início do experimento e no final de cada período.

No decorrer do experimento, as cabras foram ordenhadas duas vezes ao dia (7h30 e 15h30). Entre o 14º e 17º dia de cada período experimental, a produção de leite foi mensurada através de pesagem em balança de precisão. A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (LCG) foi determinada utilizando-se a fórmula: $LCG = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ de gordura do leite}) \times \text{kg de leite}$, conforme proposto por Sklan *et al.* (1992). Entre o 14º e o 17º dia de cada período, logo após a pesagem, amostras compostas do leite de cada cabra (ordenha da manhã e ordenha da tarde) foram colhidas e conservadas em frascos de 40mL, contendo 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol para posterior determinação dos teores de proteína, gordura, lactose e sólidos totais. Para a determinação do perfil de ácidos graxos, foram colhidas amostras de leite (60mL), compostas por animal e por período experimental. Essas amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas previamente identificadas e armazenadas a -20°C.

No terceiro dia de cada período, antes da oferta do alimento, foram colhidas amostras de sangue via punção da veia jugular, em tubos a vácuo (BD Vacutainer™) com gel separador inerte para soro e ativador de coágulo. Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas para obtenção do soro, o qual foi armazenado em tubetes plásticos (tipo eppendorf) e congelados (-20°C) para posterior determinação laboratorial dos ácidos graxos não esterificados (AGNE).

Após o término do experimento, as amostras de sobra das rações foram descongeladas e compostas por animal e por período experimental. Em seguida, juntamente com as amostras da ração ofertada, foram moídas em moinho provido de peneira com crivos de 1mm. As determinações da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) foram realizadas segundo a AOAC (1990). A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme Van Soest *et al.* (1991), utilizando-se sulfito de sódio e α -amilase termoestável.

As determinações dos teores de proteína, gordura, lactose e sólidos totais do leite foram realizadas por meio de leitura de absorção de infravermelho próximo, utilizando-se o equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments Inc., Minnessota, EUA), pertencente ao Laboratório de Análise de Leite, da Clínica do Leite, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – ESALQ/USP.

Para determinação do perfil de ácidos graxos do leite, as amostras foram descongeladas em banho-maria a uma temperatura de 40°C e centrifugadas. Os lipídeos totais do leite foram extraídos segundo a metodologia descrita por Feng *et al.* (2004). Uma alíquota de aproximadamente 65mg da gordura foi metilada em duas etapas com 2mL de 0,5M de metóxido de sódio (10 minutos a 50°C), com posterior adição de HCL metanoico e incubação em banho-maria a 80°C por 10 minutos, de acordo com metodologia descrita por Kramer *et al.* (1997). Após a metilação, as amostras foram armazenadas a -20°C, em frascos âmbar de 1,5mL, contendo nitrogênio para evitar possível oxidação lipídica.

Para a quantificação e determinação dos AGs, foi utilizado um cromatógrafo gasoso Agilent Technologies 7890A, com detector de ionização de chama (7683B), e coluna capilar de sílica fundida (J & W 112-88A7, Agilent Technologies) de 100m de comprimento e 25µm de diâmetro interno, revestida com 0,20µm de cianopropil policiloxano. A aquisição dos dados foi feita por meio do *software* ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA). O tempo total da corrida cromatográfica foi de 87,5 minutos, os quais foram divididos em quatro

rampas de aquecimento: primeira, com temperatura inicial de 70°C mantida durante 1 minuto, aumentando gradativamente (5°C/min) até atingir 100°C, temperatura esta mantida durante 2 minutos; segunda, com aumento de 10°C/ minuto, atingindo 175°C e mantida durante 40 minutos; terceira rampa de aquecimento, com aumento até 225°C a uma taxa de 5°C/min; e rampa final, com aumento até a temperatura final de 245°C a uma taxa de 20°C/min; 20min, mantida durante 1 minuto. O H₂ foi utilizado como gás de arraste em uma vazão de 1,0mL/min; a temperatura do injetor e do detector foi de 260°C. O N₂ foi utilizado como *Makeup*, com vazão de 30mL/min. Foi utilizada opção *split* em uma relação 50:1. A identificação dos ácidos graxos das amostras foi realizada com base no tempo de retenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos dos padrões. Utilizou-se um padrão de 37 compostos (Supelco mix C4 - C24/n. 18919), e padrões individuais para a identificação dos ácidos graxos C18:0, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (Nu-Chek Prep, Elysian, MN).

A concentração de ácidos graxos não esterificados foi determinada com a utilização do *kit* comercial (NEFA-C Wako Chemicals®, Richmond, Virginia – USA) adaptado para

leitura em placas de microtítulo, em aparelho tipo Elisa Reader (BIO RAD Laboratories, Hercules, CA, EUA) com comprimento de luz de 540 nanômetros.

Os dados foram analisados utilizando-se o PROC MIXED do SAS (2004), e as médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e comparadas pelo teste Tukey, sendo consideradas significativas quando P<0,05.

RESULTADOS

A introdução de óleo de soja ou da mistura óleo de soja e óleo de peixe ocasionou diferentes respostas nos parâmetros fisiológicos e produtivos dos animais (Tab. 3, 4 e 5).

Os tratamentos com óleo reduziram (P<0,01) o consumo de matéria seca (CMS) (Tab. 3). Como esperado, o consumo de extrato etéreo (CEE) aumentou em resposta à inclusão das fontes lipídicas nas dietas. Não houve efeito (P>0,05) da adição de óleo de soja ou da mistura óleo de soja e óleo de peixe sobre o consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN). O consumo de proteína bruta (CPB) reduziu com o fornecimento da mistura óleo de soja e óleo de peixe (P<0,01), no entanto não foi afetado pelo fornecimento de óleo de soja (P>0,05).

Tabela 3. Consumo de matéria seca e de nutrientes pelas cabras alimentadas com as rações experimentais

Item	Dietas ¹			EPM ⁶	Efeito (P>F) ⁷
	CT	OS	OS+P		
CMS ² , kg/d	1,72a	1,59b	1,54b	0,05	<0,01
CFDN ³ , kg/d	0,79	0,77	0,74	0,02	0,13
CPB ⁴ , kg/d	0,23a	0,21ab	0,20b	<0,01	<0,01
CEE ⁵ , kg/d	0,04b	0,05a	0,05a	<0,01	<0,01

¹CT = sem inclusão de óleos; OS = 3% óleo de soja; OS+P = 2,5% óleo de soja + 0,5% óleo de peixe. ²Consumo de matéria seca. ³Consumo de fibra em detergente neutro. ⁴Consumo de proteína bruta. ⁵Consumo de extrato etéreo. ⁶EPM: Erro padrão da média. ⁷Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P < 0,05). Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente (P < 0,05).

A produção diária de leite e de leite corrigido para 3,5% de gordura (LCG) não foi influenciada (P>0,05) pelos tratamentos (Tab. 4). No entanto, o fornecimento de óleo de soja e a mistura óleo de soja e óleo de peixe melhorou a eficiência alimentar (EA) dos animais (P<0,01) (Tab. 4).

As concentrações e as produções de gordura, lactose e proteína, e a concentração dos ácidos graxos não esterificados (AGNE) não foram influenciadas pelos tratamentos (P>0,05). Da mesma forma, não houve efeito das dietas

(P>0,05) sobre a produção de sólidos totais. No entanto, o teor de sólidos totais foi superior (P=0,02) no leite das cabras que receberam o óleo de soja ou a mistura óleo de soja e óleo de peixe (Tab. 4).

O fornecimento de óleo de soja ou da mistura óleo de soja e óleo de peixe aumentou (P<0,01) a concentração de ácido esteárico (C18:0), ácido vacênico (C18:1 t11) e ácido linoleico (C18:2) no leite (Tab. 5).

Tabela 4. Produção de leite, eficiência alimentar, composição do leite, variação do peso corporal e concentração de ácidos graxos não esterificados no sangue das cabras alimentadas com as rações experimentais

Item	Dietas ¹			EPM ²	Efeito (P>F) ³
	CT	OS	OS+P		
Produção de leite, kg/d	1,49	1,45	1,39	0,07	0,49
LCG ⁴ , kg/d	1,65	1,7	1,65	0,09	0,75
Eficiência Alimentar ⁴	0,95 b	1,06 a	1,05 a	0,04	<0,01
Gordura, %	4,17	4,57	4,69	0,23	0,06
Gordura, g/d	62,3	65,9	64,7	4,19	0,37
Lactose, %	4,51	4,56	4,51	0,04	0,70
Lactose, g/d	67,2	66,2	63,3	3,29	0,61
Proteína, %	3,65	3,74	3,79	0,09	0,33
Proteína, g/d	53,6	54,4	52,6	2,55	0,77
Sólidos totais, %	13,1 b	13,7 a	13,8 a	0,32	0,02
Sólidos totais, g/d	195	199	192	9,86	0,76
VPC ⁴ , kg	1,7 a	0,65 ab	0,03 b	0,28	0,04
AGNE ⁴ , mmol/L	0,28	0,45	0,38	0,03	0,12

¹CT = sem inclusão de óleos; OS = 3% óleo de soja. OS+P = 2,5% óleo de soja + 0,5% óleo de peixe. ²EPM: Erro padrão da média. ³Probabilidade de haver diferença entre as dietas (P<0,05). ⁴LCG: leite corrigido para 3,5% de gordura; eficiência alimentar = LCG/consumo matéria seca; VPC: variação de peso corporal; AGNE: ácidos graxos não esterificados. Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente (P<0,05).

Em comparação à dieta controle, o fornecimento de óleo de peixe misturado ao óleo de soja aumentou (P<0,01) a concentração dos isômeros de CLA C18:2 c9, t11 (ácido rumênico) e C18:2 t10, c12 no leite. No entanto, a concentração desses isômeros não diferiu entre as dietas contendo óleo de soja ou a mistura óleo de soja e óleo de peixe (Tab. 5).

A concentração dos ácidos graxos de cadeia média (C14 a C16:0), longa (C17:0 a C22:6), insaturados totais, monoinsaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA) e a relação insaturados:saturados foi superior (P<0,01) no leite das cabras alimentadas com as dietas contendo óleo de soja ou a mistura óleo de soja e óleo de peixe em comparação à dieta controle. Para esses compostos, não houve diferença (P>0,05) entre as dietas com óleo (Tab. 5). Em comparação à dieta controle, o fornecimento de óleo de peixe misturado ao óleo de soja reduziu (P<0,01) a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta no leite, não havendo diferença (P>0,05) entre as fontes de óleo. Como esperado, o óleo de peixe foi eficiente em reduzir (P<0,05) a concentração dos ácidos graxos saturados no leite, quando comparado à dieta controle (Tab. 5).

DISCUSSÃO

Apesar de a inclusão do óleo de soja ou da mistura óleo de soja e óleo de peixe ter sido relativamente pequena, em média 3,0% da MS, o menor CMS pelos animais alimentados com as dietas contendo óleo pode ser atribuído à maior densidade energética dessas dietas em comparação à dieta controle (Tab. 1). Esse resultado é condizente com a melhora na eficiência alimentar das cabras que receberam as dietas contendo as fontes de óleo (Tab.4).

A ausência de alterações significativas na concentração de gordura no leite (%) e na quantidade de gordura produzida por dia (g/d) é condizente com outros experimentos em que ruminantes receberam dietas contendo fontes de óleo (Loor *et al.*, 2005). Com relação ao teor de sólidos totais, o menor valor no leite dos animais alimentados com a dieta controle (P<0,05) pode ter ocorrido devido ao fato de os tratamentos com óleo de soja e óleo de peixe misturado ao óleo de soja, apesar de não terem tido diferença estatística (P=0,06), apresentarem valores de teor de gordura 11 e 12%, respectivamente, superiores à dieta controle.

Tabela 5. Perfil de ácidos graxos (g/100g de ácido graxo) da gordura do leite de cabras alimentadas com as rações experimentais (%)

Item ¹	Dietas ²			EPM ³	Efeito (P>F) ⁴
	CT	OS	OS+P		
C18:0 (esteárico)	9,08 b	14,76 a	13,09 a	0,68	<0,01
C18:1 (oleico)	21,12	24,03	23,85	0,55	0,09
C18:1 t11 (vacênico)	0,86 b	3,16 a	4,28 a	0,41	<0,01
C18:2 c9, t11 (rumênico)	0,27 b	0,83 ab	1,22 a	0,12	<0,01
C18:2 (t10, c12)	0,02 b	0,03 ab	0,06 a	<0,01	0,03
C18:2 (linoleico)	43,6 b	53,9 a	55,5 a	1,26	<0,01
Cadeia curta (C4:0 – C12:0)	17,49 a	15,15 ab	13,05 b	0,55	<0,01
Cadeia média (C14:0 – C16:0)	38,95 a	31,03 b	29,82 b	0,91	<0,01
Cadeia longa (C17:0 – C22:0)	43,6 b	53,92 a	55,5 a	1,26	<0,01
Saturados totais	74,35 a	67,7 ab	65,32 b	1,28	0,01
Insaturados totais	25,69 b	32,4 a	33,05 a	0,95	<0,01
Insaturados:saturados	0,34 b	0,48 a	0,52 a	0,02	0,01
MUFA	22,72 b	28,55 a	28,63 a	0,81	<0,01
PUFA	2,97 b	3,85 a	4,43 a	0,18	<0,01
CLA total	0,29 b	0,87 ab	1,28 a	0,12	<0,01

¹MUFA: ácidos graxos monoinsaturados; PUFA: ácidos graxos poli-insaturados. ²CT = sem inclusão de óleos; OS = 3% óleo de soja; OS+P = 2,5% óleo de soja + 0,5% óleo de peixe. ³EPM: Erro padrão da média. ⁴Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,05). Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente (P<0,05).

Apesar de o fornecimento de óleo de peixe misturado ao óleo de soja ter elevado a concentração do CLA *trans*-10 *cis*-12 em 200%, não foi observada diminuição na produção de gordura no leite das cabras. Esse ácido graxo está relacionado à diminuição na produção de gordura no leite, principalmente em vacas (Peterson *et al.*, 2003; Loor *et al.*, 2005). Porém, em pequenos ruminantes, esse efeito é observado apenas quando há adição de fontes sintéticas desse ácido graxo (Schmidely e Morand-Fehr, 2004; Lock *et al.*, 2006; Sinclair *et al.*, 2007).

Essas observações sugerem que a glândula mamária desses animais pode ser menos sensível ao efeito do CLA *trans*-10, *cis*-12 na síntese de gordura do leite, quando comparada à de vacas, concluindo, portanto, que a regulação da síntese de gordura do leite difere-se entre essas espécies (Reynolds *et al.*, 2006).

O aumento na concentração de ácido esteárico no leite em resposta ao fornecimento das dietas contendo óleo de soja ou a mistura óleo de soja e óleo de peixe se justifica pelo maior aporte de precursores (ácidos graxos C18) para biohidrogenação ruminal. O presente resultado é coerente com os valores obtidos por Li *et al.* (2012), que constataram que a suplementação de cabras em lactação com óleo de soja ou de

açafraão ocasionou elevação da concentração do C18:0 no leite dos animais.

Sugere-se que a elevação da concentração do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) foi proporcionada pelo maior aporte de precursores (ácidos graxos C18) para sua síntese ruminal e, no caso da dieta contendo óleo de peixe misturado ao óleo de soja, a maior elevação percentual foi decorrente da inibição do grupo de bactérias, genericamente denominadas Grupo B, responsável pelo passo final da biohidrogenação total dos ácidos graxos. Essa inibição é conferida pelos ácidos graxos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) presentes no óleo de peixe (Maia *et al.*, 2006). Adicionalmente, observou-se que, no leite dos animais que receberam a mistura óleo de soja e óleo de peixe, quando comparado ao controle, houve acentuada elevação (352%) na concentração do isômero C18:2 *cis*-9 *trans*-11 (rumênico) ocasionada pelo maior fornecimento de seu precursor, o ácido vacênico, para a glândula mamária, tecido responsável pela síntese de mais de 80% do ácido rumênico encontrado no leite (Mosley *et al.*, 2006).

A concentração do ácido linoleico (C18:2 *cis*9, *cis*12) no leite foi elevada pela adição de óleos nas dietas e acompanhou o maior aporte desses

ácidos graxos promovido pelo óleo de soja. Apesar da menor concentração do ácido linoleico presente no óleo de peixe em comparação ao óleo de soja (Tab. 2), não foi observada diferença entre os tratamentos, o que pode ser explicado pela atividade inibitória do EPA e DHA, presentes no óleo de peixe, sobre a biohidrogenação do ácido linoleico (Wasowska et al., 2006).

Acompanhando a elevação da concentração dos outros intermediários do ácido linoleico avaliados (ácido vacênico e rumênico), a adição do óleo de peixe elevou a concentração do isômero C18:2 t10, c12. A diferença numérica em favor do tratamento contendo óleo de peixe comprova o poder de inibição do EPA e DHA sobre o passo final da biohidrogenação desse ácido graxo.

Ratificando a atividade inibitória do EPA e DHA sobre o último passo da hidrogenação ruminal, a concentração total de ácidos graxos insaturados do leite das cabras foi elevada pelas dietas contendo óleo de soja e/ou a mistura óleo de soja e óleo de peixe em relação à dieta controle. As dietas com fontes de óleo promoveram elevação da concentração de MUFA e PUFA no leite, acompanhando a elevação da sua ingestão propiciada pela inclusão das fontes, além da elevação da concentração de intermediários da biohidrogenação do ácido linoleico.

CONCLUSÕES

A adição de óleo de soja e de peixe promoveu melhor perfil de ácidos graxos no leite de cabras, com maiores concentrações de ácidos graxos de cadeia longa e insaturados sem alterar a produção e composição química do leite. Adicionalmente, a associação do óleo de peixe ao óleo de soja elevou as concentrações dos isômeros do CLA e ácido vacênico, possibilitando assim produção de leite com gordura mais saudável à alimentação humana.

REFERÊNCIAS

BHATTACHARYA, A.; BANU, J.; RAHMAN, M. et al. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nut. Biochem.*, v.17, p.789-810, 2006.

BAUMAN, D.E.; MATHER, I.H.; WALL, R.J.; LOCK, A.L. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci.*, v.9, p.1235-1243, 2006.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, A.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1751-1770, 2003.

EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LANNA, D.P.D. et al. Consumo, produção e composição do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e diferentes fontes de carboidratos na dieta. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.211-218, 2006.

FENG, S.; LOCK A.L.; GANSWORTHY, P.C. Technical note: a rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.3785-3788, 2004.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I et al. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Livest. Sci.*, v.163, p.51-61, 2014.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds.). *The ruminal microbial ecosystem*. London: Chapman & Hall, 1997. p. 382-426.

HU, S.J.; PARK, G.B.; JOO, S.T. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livest. Sci.*, v.110, p.221-229, 2007.

JENKINS, T.C.; WALLACE, R J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J. Anim. Sci.*, v.86, p.397-412, 2008.

JIANG, Z.Y.; ZHONG, W.J.; ZHENG, C.T. Conjugated linoleic acid differentially regulates fat deposition in backfat and longissimus muscle of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, v.88, p.1694-1705, 2010.

KRAMER, J.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E. et al. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk from rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*, v.32, p.1219-1228, 1997.

- LI, X.Z.; YANA, C.G.; LEEB, H.G. *et al.* Influence of dietary plant oils on mammary lipogenic enzymes and the conjugated linoleic acid content of plasma and milk fat of lactating goats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.174, p.26-35, 2012.
- LOCK, A.L.; TELES, B.M.; PERFIELD, J.W. *et al.* A conjugated linoleic acid supplement containing *trans*-10, *cis*-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.1525-1532, 2006.
- LOOR, J.J.; FERLAY, A.; OTTIER, A. *et al.* Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.726-740, 2005.
- LUCAS, A.; ROCK, E.; AGABRIEL, C. *et al.* Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional. *Small Ruminant Res.*, v.74, p.243-248, 2008.
- MAIA, F.J.; BRANCO, A.F.; MOURO, G.F. *et al.* Feeding vegetable oil to lactating goats: nutrient digestibility and ruminal and blood metabolism. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.1496-1503, 2006.
- MATSUSHITA, M.; TAZINAFO, N.M.; PADRE, R.G. *et al.* Fatty acid profile of milk from Saanen goats fed a diet enriched with three vegetable oils. *Small Ruminant Res.*, v.72, p.127-132, 2007.
- MOSLEY, E.E.; SHAFFI, B.; MOATE, P. J. *et al.* *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid is synthesized directly from vaccenic acid in lactating dairy cattle. *J. Nutr.*, v.136, p.570-575, 2006.
- NUTRIENT requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: National Research Council, 2007. 362p.
- OFFICIAL methods of analysis. 15.ed. Washington D.C: AOAC, 1990. 1094p.
- PARK, Y.; ALBRIGHT, K; LIU, W. *et al.* Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, v.32, p.853-858. 1997.
- PFEUFFER, M.; SCHREZENMEIR, J. Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. *Br. J. Nutr.*, v.84, p.155-159. 2000.
- PETERSON, D.G.; MATITASHVILI, E.A.; BAUMAN, D.E. Diet-induced milk fat depression in dairy cows results in increased *trans*-10, *cis*-12 CLA in milk fat and coordinate suppression of mRNA abundance for mammary enzymes involved in milk fat synthesis. *J. Nutr.*, v.133, p.3098-3102, 2003.
- REYNOLDS, C.K.; CANNON, V.L.; LOERCH, S.C. Effects of forage source and supplementation with soybean and marine algal oil on milk fatty acid composition of ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* v.131, p.333-357, 2006.
- SCHMIDELY, P.; MORAND-FEHR, P. Effects of intravenous infusion of *trans*-10, *cis* 12 or *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) on milk fat synthesis and composition in dairy goats during mid-lactation. *S. Afri. J. Anim. Sci.*, v.34, p. 195-197, 2004.
- SINCLAIR, L.A.; LOCK, A.L.; EARLY, R.; BAUMAN, D.E. Effects of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid on ovine milk fat synthesis and cheese properties. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.3326-3335, 2007.
- SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R.; BRAUN, A. *et al.* Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2463-2472, 1992.
- TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A.; FOX, D.G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the small ruminant nutrition System. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, supl. esp., p.178-190, 2008.
- USER'S guide: statistics. Versiom. 9.1.1. Cary: SAS, Institute, 2004.
- VAN SOEST, P.K.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber: neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WASOWSKA, I.; MAIA, M.R.G.; NIEDZWIEDZKA, K.M. *et al.* Influence of fish oil on ruminal biohydrogenation of C18 unsaturated fatty acids. *Br. J. Nutr.*, v.95, p.1199-1211. 2006.