



Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica¹

Gustavo Henrique Rodrigues², Ivanete Susin³, Alexandre Vaz Pires³, Severino Matias de Alencar⁴, Clayton Quirino Mendes², Renato Shinkai Gentil²

¹ Projeto parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

² Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens - ESALQ/USP - Piracicaba, SP.

³ Departamento de Zootecnia - ESALQ/USP - Piracicaba, SP.

⁴ Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - ESALQ/USP - Piracicaba, SP.

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da substituição do milho por polpa cítrica na composição química e no perfil de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros. Utilizaram-se 32 cordeiros Santa Inês não-castrados abatidos aos 141 dias de idade com peso médio de 33 kg. Os cordeiros foram alimentados com ração contendo 90% de concentrado (milho moído e/ou polpa cítrica, farelo de soja e minerais) e 10% de feno de "coastercross" (*Cynodon* spp). A polpa cítrica foi adicionada nos níveis de 23,7; 46,1; e 68,4% da matéria seca em substituição a 33, 67 e 100% do milho, respectivamente. A substituição total do milho pela polpa cítrica promoveu aumento de 177% na concentração de ácido linolênico (C18:3), enquanto a substituição parcial resultou em aumento de 72% no ácido linoleico conjugado (C18:2 cis-9 trans-11). Não houve alteração na concentração total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Entretanto, a quantidade de gordura intramuscular do *longissimus dorsi* diminuiu com o aumento de polpa cítrica na ração, sem alterar os teores de umidade, proteína e cinzas. A substituição do milho por polpa cítrica na ração modifica a quantidade e o perfil de lipídios do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros.

Palavras-chave: co-produtos, ácido linoleico conjugado, ovinos, pectina, Santa Inês

Fatty acids profile and chemical composition of *longissimus* muscle of lambs fed citrus pulp

ABSTRACT - The objective of this study was to determine the effects of replacing corn by dried citrus pulp on chemical composition and fatty acids profile in *longissimus dorsi* muscle of thirty-two Santa Ines lambs, slaughtered at average weight of 33 kg at 141 days of age. Lambs were fed a 90% concentrate (ground corn and/or dried citrus pulp, soybean meal and minerals) and 10% coastercross hay (*Cynodon* spp) diet. Dried citrus pulp was added at 23.7, 46.1 and 68.4% of dry matter replacing corn by 33, 67 and 100%, respectively. Total replacement of corn by dried citrus pulp resulted in 177% increase in linolenic acid concentration (C18:3) while a partial replacement showed 72% increase in conjugated linoleic acid (C18:2 cis9 trans11). There was no change in total saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids concentration. However, the intramuscular fat content of *longissimus* muscle decreased as dried citrus pulp increased in the diet, with no effect on moisture, protein and mineral percentage. The replacement of corn by dried citrus pulp in the rations changes the quantity and profile of lipids in *longissimus* muscles of lambs.

Key Words: conjugated linoleic acid, co-products, pectin, Santa Inês, sheep

Introdução

Estudos sugerem que o tipo, e não a quantidade de ácidos graxos consumido, está relacionado à concentração de colesterol no sangue e ao risco de doenças coronarianas (Hu et al., 2001). No entanto, ainda não está claro o real efeito dos ácidos graxos na saúde humana, por exemplo, os ácidos graxos saturados, cuja ação aterogênica é questionada (German & Dillard, 2004).

Ao contrário dos ácidos graxos *trans* gerados pela indústria alimentícia, aqueles provenientes de animais ruminantes não possuem qualquer ligação com o risco de doenças coronarianas em homens, e apresentam ainda relação inversa entre consumo e doenças cardiovasculares em mulheres (Jakobsen et al., 2008). Na última década, o ácido graxo linoleico conjugado tem sido bastante pesquisado, por suas propriedades benéficas para a saúde humana (Belury, 2002).

Recebido em 21/11/2008 e aprovado em 1/6/2009.

Correspondências devem ser enviadas para: ivasusin@esalq.usp.br

Adicionalmente, o consumo de fontes ricas em ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) ou alimentos que possuem maior relação de ácidos graxos poliinsaturados:saturados, também é desejável (Wood et al., 2003). A carne ovina é caracterizada pela alta concentração de ácidos graxos saturados e pela baixa relação poliinsaturados:saturados (Cooper et al., 2004). Entretanto, segundo Enser et al. (1996), a carne ovina é rica em ácido linolênico (C18:3) e possui baixa relação *n*-6:*n*-3 em comparação à carne bovina e suína.

A manipulação nutricional do ecossistema do rúmen é uma estratégia para alterar o conteúdo e a composição dos lipídeos da carne e do leite de ruminantes (Demeyer & Doreau, 1999). Portanto, o estudo do efeito de determinada dieta ou ingrediente na alimentação animal é importante para a saúde humana e também para as qualidades nutricionais, sensoriais e de conservação da carne.

A polpa cítrica peletizada é utilizada na alimentação de ruminantes, por sua vantagem econômica em substituir parcialmente ou totalmente o milho, especialmente em rações para cordeiros (Bhattacharya & Harb, 1973; Martinez & Fernández, 1980; Rodrigues et al., 2008a).

Mudanças no ambiente ruminal resultantes da utilização da polpa cítrica podem alterar a microbiota e alterar os produtos finais da fermentação (Ariza et al., 2001), exercendo efeito na produção de ácido linoleico conjugado pela população microbiana ruminal (Qiu et al., 2004). O objetivo neste trabalho foi avaliar a composição química e o perfil de ácidos graxos do *longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas contendo polpa cítrica em substituição ao milho.

Material e Métodos

Foram utilizados 32 músculos *longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês, não-castrados, com $18,3 \pm 1,9$ kg de peso corporal e 70 ± 7 dias de idade ao início do fornecimento das dietas experimentais.

As rações foram formuladas para serem isonitrogenadas (16% PB), constituídas de 10% de volumoso (feno de "coastcross") e 90% de concentrado na matéria seca. A polpa cítrica foi incluída na proporção de 23,7; 46,1 e 68,4% da matéria seca na ração, o que corresponde à substituição do milho nos teores de 0, 33, 67 e 100%, respectivamente (Tabela 1).

Em função da característica da ração (90% de matéria seca), a alimentação foi fornecida 3 vezes/semana, à vontade, e as sobras pesadas semanalmente para determinação do consumo diário de matéria seca por baía (Rodrigues et al., 2008a).

As dietas experimentais 0, 33, 67 e 100 foram fornecidas aos cordeiros pelo período de 65, 64, 72 e 79 dias, respectivamente, antes de realizar o abate. Oito animais de cada dieta experimental foram abatidos quando atingiram peso corporal médio de 33 kg. Os animais foram pesados após jejum de sólidos de 16 horas e, em seguida, abatidos segundo as normas descritas no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1997). Depois de 24 horas em câmara fria de resfriamento, foram retirados os músculos *longissimus dorsi* de cada meia-carcaça esquerda, os quais foram armazenados a -18°C , pelo período de 4 meses, para posterior determinação do perfil de ácidos graxos. As determinações de umidade, cinzas, proteína e gordura foram realizadas segundo metodologia da AOAC (1990).

Aproximadamente 100 g do músculo íntegro foi descongelado em temperatura de 4°C , por 12 horas e foi homogeneizado em processador de carne, utilizando-se 10 g da amostra para extração dos lipídeos (Bligh & Dyer, 1959; Christie 1982; Smedes & Thomasen, 1996). Uma alíquota (100 mg) do extrato de lipídeos de cada repetição (animal) foi metilada pelo método de Hartman & Lago (1973) e armazenada a -20°C em frasco âmbar contendo nitrogênio para evitar possível oxidação. Os lipídeos metilados foram armazenados por no máximo um mês antes da leitura em cromatógrafo. Para a extração e metilação dos lipídeos do milho e da polpa cítrica, foram utilizadas as metodologias descritas por Folch et al. (1957) e Kramer et al. (1997), respectivamente.

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais (% na matéria seca)

Ingrediente	Nível de substituição do milho por polpa cítrica ¹			
	0	33	67	100
Feno de capim-coastcross	10,0	10,0	10,0	10,0
Milho moído	70,4	47,2	23,4	-
Polpa cítrica moída	-	23,7	46,1	68,4
Farelo soja	16,0	17,2	18,0	18,2
Cloreto de amônio	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcário calcítico	1,5	-	-	-
Monoamônio fosfato	-	-	0,5	1,3
Sal mineral ¹	1,6	1,6	1,6	1,6
Composição bromatológica				
Matéria seca	88,76	89,37	89,93	91,43
Matéria mineral	8,45	6,05	7,07	8,33
Matéria orgânica	91,55	93,95	92,93	91,67
Proteína bruta	17,53	17,13	17,92	17,25
Fibra em detergente neutro	19,47	20,35	24,20	24,60

¹ Composição: fósforo - 7,5%; cálcio - 13,4%; magnésio - 1%; S - 7%; sódio - 14,5%; cloro - 21,8%; ferro - 500 ppm; cobre - 300 ppm; zinco - 4.600 ppm; manganês - 1.100 ppm; iodo - 55 ppm; cobalto - 40 ppm; selênio - 30 ppm.

Para quantificação e determinação dos ácidos graxos, foi utilizado cromatógrafo HP 5890 SERIE II, equipado com detector de ionização de chama; coluna capilar de sílica fundida de 100 m de comprimento \times 0,25 mm de diâmetro interno, contendo 0,2 mm de polietileno glicol (Supelco). A aquisição de dados foi feita pelo *software* GC Solution (Shimadzu Co.), utilizando interface CBM 102 (Shimadzu Co.), a qual permitiu obtenção de sinal digital. As condições cromatográficas foram: temperatura inicial da coluna de 140°C por 2 minutos aumentando 4°C por minuto até 240°C, e mantida por 15 minutos; gás de arraste hélio com vazão de 1,5 mL/min; temperatura do injetor de 250°C e temperatura do detector de 260°C. A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação do tempo de retenção de ésteres metílicos dos ácidos graxos dos padrões (Sigma - n. 189-20). O padrão utilizado para a identificação do C18:2 c9,t11 foi da marca Nu-Chek Prep (Elysian, MN).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro dietas experimentais e oito repetições. Os blocos foram definidos previamente pelo peso e pela idade dos animais no início do experimento de desempenho (Rodrigues et al., 2008a). Os dados foram analisados pelo procedimento GLM do pacote estatístico SAS (1999) e as médias das tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS. Para as variáveis que apresentaram respostas significativas, utilizaram-se o teste de polinômios ortogonais ($P < 0,05$) e análise de regressão simples.

Resultados e Discussão

Os ácidos graxos identificados em maiores proporções na carne dos cordeiros foram o C18:1, C16:0 e C18:0 (Tabela 3), o que está de acordo com trabalhos anteriores com cordeiros da raça Santa Inês (Zapata et al., 2001; Perez et al., 2002; Madruga et al., 2006). O C18:1 também foi encontrado em maior quantidade nos trabalhos conduzidos por Madruga et al. (2008) e Costa et al. (2009).

A inclusão da polpa cítrica elevou linearmente ($P = 0,02$) a concentração de ácido linolênico ($0,8179 + 0,026x$; $R^2 = 0,18$) no músculo quando a polpa cítrica substituiu o milho na dieta dos cordeiros. Esse resultado é reflexo do perfil de ácidos graxos dos ingredientes (Tabela 2). A polpa cítrica possui elevada concentração de C18:3 na sua composição lipídica em comparação ao milho e isso explica o aumento desse ácido graxo quando houve substituição total do milho pela polpa cítrica, representada pela dieta experimental 100. A elevação da concentração de C18:3 é desejável, uma vez que esse ácido graxo é precursor de ácidos graxos poliinsaturados *n*-3, incluindo

o ácido eicosapentanoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA), os quais estão relacionados a atividades anti-aterogênica, anti-trombótica e anti-inflamatória, além do menor risco de doenças cardiovasculares (von Schacky, 2000), tornando interessante o estudo de alimentos ricos em C18:3 (Givens et al., 2006).

Outro ácido graxo de interesse que foi alterado ($P < 0,01$) de forma quadrática ($y = 4,5923 + 0,092x - 0,001x^2$; $R^2 = 0,33$) foi o ácido linoleico conjugado cis-9 trans-11, cuja concentração foi maior na dieta 33 (Tabela 3). Quando houve a substituição em 33% de milho (Tabela 2) por polpa cítrica, possivelmente ocorreu melhoria no ambiente ruminal, combinada com maior suprimento de C18:2 proveniente do milho, o que pode justificar a maximização de ácido linoleico conjugado nessa dieta.

Uma das justificativas desse aumento é que a adição de fontes ricas em C18:2 na ração promove aumento de ácido linoleico conjugado no tecido de ruminantes (Ivan et al., 2001; Madron et al., 2002). Apesar de não ter sido verificado efeito na concentração de C18:2 cis no músculo dos cordeiros, a alta ingestão de C18:2 reduz a taxa de conversão de C18:2 a C18:0 com o acúmulo de intermediários trans, como o C18:1 trans-11 e o C18:2 cis-9 trans-11 (Harfoot et al., 1973; Kellens et al., 1986). Portanto, a utilização de dietas contendo grande quantidade de milho, como a utilizada neste experimento, pode explicar parcialmente o aumento de ácido linoleico conjugado na dieta 33, uma vez que, de acordo com Jenkins (1993), essas dietas ocasionam redução na biohidrogenação devido à sua atividade inibidora sobre bactérias lipolíticas. O acúmulo desses intermediários está relacionado diretamente à concentração de ácido linoleico conjugado no leite ou nos tecidos de ruminantes, via absorção do C18:2 cis-9 trans-11 produzido no rúmen ou pela síntese endógena realizada nos tecidos tendo

Tabela 2 - Perfil de ácidos graxos do milho e da polpa cítrica

Ácido graxo (mg/g de lipídeo)	Milho	Polpa cítrica
C 10:0 (cáprico)	0,0	2,3
C 12:0 (láurico)	0,0	4,6
C 14:0 (mirístico)	11,4	6,8
C 16:0 (palmítico)	160,1	285,6
C 17:0 (heptadecanoico)	0,0	4,1
C 17:1 (cis-10-heptadecenoico)	0,0	1,9
C 18:0 (esteárico)	47,2	54,6
C 18:1 cis (oleico)	352,6	269,8
C 18:2 cis (linoleico)	417,6	306,0
C 18:3 cis (linolênico)	11,2	60,2
C 20:0 (araquídico)	0,0	4,1
Outros	24,2	26,0
Saturados	218,6	362,1
Monoinsaturados	352,6	271,7
Poliinsaturados	428,8	366,2

como precursor o C18:1 trans-11 via atividade da enzima Δ -9 desaturase (Grinari et al., 2000).

Além disso, a combinação entre C18:2 e C18:3 da dieta 33 pode ter contribuído para o aumento da produção de ácido linoleico conjugado, concordando com Lock & Garnsworthy (2002), que verificaram maior eficiência na síntese de C18:2 cis-9 trans-11 em dietas contendo ambos os ácidos graxos em comparação à sua utilização separadamente. O declínio de C18:2 cis-9 trans-11 verificado para as dietas experimentais 67 e 100 sugere que a diminuição de C18:2 na dieta, resultante da menor participação do milho, contribuiu para a redução de C18:2 cis-9 trans-11 nesses níveis de substituição. Adicionalmente, os resultados deste trabalho diferem dos encontrados por Raes et al. (2004), que concluíram que dietas ricas em C18:3 (característica da polpa cítrica) promovem aumento na concentração de ácido linoleico conjugado na carne de ruminantes.

De acordo com Parodi (2003), apenas dois isômeros do ácido linoleico conjugado desempenham importantes atividades fisiológicas, que são o cis-9 trans-11, que pode atingir até 80% do total de ácido linoleico conjugado presente nos produtos oriundos de ruminantes, e o trans-10 cis-12, que representa apenas 3 a 5% (Grinari & Bauman, 1999). Neste trabalho, não foi detectado o isômero trans-10 cis-12, o que está de acordo com relatos de Raes et al. (2004), que verificaram poucos trabalhos relatando a ocorrência desse isômero. O valor médio de C18:2 cis-9 trans-11 (5,2 mg/g de lipídeo) encontrado neste estudo (Tabela 3) está condizente com aqueles relatados por Schmid et al. (2006), que

verificaram que a concentração deste ácido graxo na carne de cordeiro pode variar de 4,3 a 19 mg/g de lipídeo.

Apesar de não ter sido verificada diferença na relação poliinsaturados:saturados com a substituição do milho pela polpa cítrica (Tabela 3), o reduzido valor médio encontrado de 0,13 é característico de carne de ruminantes, devido à baixa concentração de C18:2 em comparação à carne suína (Enser et al., 1996).

Não foi verificada alteração ($P>0,05$) no conteúdo de umidade, cinzas e proteína no músculo *longissimus dorsi* dos cordeiros (Tabela 4). Entretanto, foi verificado decréscimo linear ($P<0,05$) para o teor de gordura ($y = 5,7927 - 0,0237x$; $R^2 = 0,17$) com a adição de polpa cítrica na ração, fato que pode estar relacionado aos resultados de ganho de peso dos animais no período de confinamento (Rodrigues et al., 2008a). A inclusão de polpa cítrica, a partir do teor de 23,7% em substituição ao milho, diminuiu o consumo de matéria seca e o ganho médio diário de peso, o que pode ter ocasionado a diminuição de extrato etéreo no músculo dos cordeiros abatidos com pesos similares. Murphy et al. (1994) avaliaram a restrição alimentar (85 e 75% da ingestão) em cordeiros abatidos com mesmo peso e também verificaram diminuição linear na quantidade de extrato etéreo do músculo *longissimus dorsi*, juntamente com o ganho e o consumo de matéria seca. No mesmo trabalho, os autores não observaram alteração na umidade e proteína conforme aumentaram a restrição alimentar, fato observado também neste estudo (Tabela 4). Uma possível explicação para a alteração na deposição de gordura é a

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos no músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com rações contendo polpa cítrica em substituição ao milho

Ácido graxo (mg/g lipídeo)	Nível de substituição do milho por polpa cítrica				EPM ¹	P ²	
	0	33	67	100		Linear	Quadrático
C 14:0	24,9	26,7	27,1	26,7	3,2	0,68	0,72
C 15:0	3,6	3,0	3,0	3,2	0,9	0,74	0,67
C 16:0	241,5	249,8	254,3	261,9	11,21	0,21	0,97
C 16:1	28,2	27,5	31,6	28,4	2,31	0,65	0,58
C 17:0	20,0	16,6	14,3	16,4	1,61	0,09	0,10
C 18:0	165,1	158,5	151,3	161,7	7,86	0,63	0,29
C 18:1 cis	443,0	456,5	449,2	436,9	13,2	0,67	0,34
C 18:2 cis	62,4	50,7	53,7	47,8	5,6	0,12	0,61
C 18:3 cis ³	1,3	1,3	1,2	3,6	0,6	0,02	0,07
C 18:2 cis-9 trans-11 ⁴	4,3	7,4	5,2	3,7	0,6	0,16	<0,01
C 22:0	1,7	0,8	2,1	3,0	0,8	0,18	0,27
Saturado	456,7	455,3	452,0	472,8	11,4	0,39	0,34
Monoinsaturado	471,2	484,0	480,8	465,3	12,1	0,71	0,25
Poliinsaturado	67,9	59,4	60,1	55,1	6,1	0,18	0,77
Relação poliinsaturados:saturados	0,15	0,13	0,13	0,11	0,01	0,13	0,96

¹ Erro-padrão da média.

² Probabilidade de haver efeito linear ou quadrático ($P<0,05$).

³ $y = 0,8179 + 0,026x$ ($R^2 = 0,18$).

⁴ $y = 4,5923 + 0,092x - 0,001x^2$ ($R^2 = 0,33$).

Tabela 4 - Composição do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com rações contendo polpa cítrica em substituição ao milho

Item	Nível de substituição do milho por polpa cítrica				EPM ¹	p ²	
	0	33	67	100		Linear	Quadrático
Umidade (%)	71,7	71,9	72,9	72,5	0,80	0,38	0,74
Cinzas (%)	1,1	1,1	1,1	1,7	0,04	0,13	0,41
Extrato etéreo (%) ³	5,5	5,8	3,6	3,6	0,67	<0,02	0,75
Proteína bruta (%)	21,4	21,0	22,2	22,5	0,59	0,12	0,56

¹ Erro-padrão da média.

² Probabilidade de haver efeito (P<0,05) linear ou quadrático.

³ $y = 5,7927 - 0,0237x$ ($R^2 = 0,17$).

atividade enzimática. Schoonmaker et al. (2004) demonstraram aumento da atividade das enzimas citrato ATP liase e glicose 6 fosfato desidrogenase (enzimas envolvidas na transformação de glicose em acetil CoA) na gordura intramuscular de novilhos abatidos aos 153 dias de confinamento, alimentados *ad libitum* com concentrado, em comparação a novilhos submetidos a restrição alimentar ou recebendo forragem *ad libitum*. Segundo os autores, isso possivelmente explica a maior quantidade de gordura no músculo *longissimus dorsi* dos animais com maior consumo de matéria seca ou de energia. Além disso, a maior produção de propionato proveniente dessas rações pode ter contribuído para o aumento da produção de glicose e da atividade das enzimas mencionadas.

Uma explicação complementar à diminuição do extrato etéreo no músculo dos cordeiros alimentados com polpa cítrica pode ser a diferença no padrão de fermentação da polpa cítrica e do milho e a consequente alteração do padrão da síntese de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen. Fontes energéticas ricas em pectina, a exemplo de rações contendo polpa cítrica substituindo alimentos ricos em amido, resultam em diminuição da concentração de propionato e aumento de acetato (Ariza et al., 2001) e isso tem relação direta com a concentração de insulina no plasma, como observado por Sano et al. (1993), que infundiram propionato em ovelhas e verificaram aumento na concentração plasmática de insulina. Desta forma, as rações contendo maior quantidade de milho neste estudo podem ter induzido a liberação desse hormônio. Considerando que a insulina estimula a captura de glicose pelos tecidos periféricos, é verificado consequente aumento no suprimento de substratos (acetil e glicerol-3-fosfato) para lipogênese nestes tecidos. A insulina é um potente estimulador da atividade do complexo enzimático ácido graxo sintetase (Hillgartner et al., 1995), responsável pela síntese de ácidos graxos. Lee & Hossner (2002) verificaram que a infusão de propionato em ovinos induziu a expressão de genes responsáveis pela síntese de lipídeos nos tecidos.

Em suma, a baixa concentração de insulina diminui a atividade de acetil-Coa carboxilase no tecido animal, aumentando a taxa de oxidação dos ácidos graxos ou diminuição do armazenamento de lipídeos, uma possível explicação para o decréscimo de extrato etéreo no músculo dos cordeiros à medida que a polpa cítrica foi incluída na dieta.

Esses resultados confirmam relatos de Henrique et al. (2004), que observaram em tourinhos Santa Gertrudes menor deposição de tecido adiposo subcutâneo com o aumento dos teores de polpa cítrica nas rações (7,0; 6,0; 5,3 e 4,7 mm para 0, 25, 40 e 55% de polpa cítrica na MS, respectivamente). Da mesma forma, Caparra et al. (2007) trabalharam com cordeiros da raça Merino Italiano e verificaram diminuição de 27% na deposição de gordura intramuscular para a ração contendo maior quantidade de polpa cítrica (40% na MS) em relação à dieta controle. Adicionalmente, Rodrigues et al. (2008b) observaram que a substituição total do milho por polpa cítrica reduziu em 12,4% o teor de gordura da carcaça de cordeiros confinados.

Conclusões

A inclusão de polpa cítrica na ração de cordeiros em confinamento ocasiona aumento linear na concentração de ácido linolênico (C18:3). No nível de 33% de substituição ao milho, a utilização de polpa cítrica na dieta aumenta a concentração de ácido linoleico conjugado (C18:2 cis-9 trans-11), mas não altera a concentração total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Concomitantemente, ocasiona diminuição linear na quantidade de gordura, logo a substituição do milho por polpa cítrica na ração modifica a quantidade e o perfil de lipídios do músculo *longissimus* de cordeiros.

Referências

ARIZA, P.; BACH, A.; STERN, M.D. et al. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. *Journal of Animal Science*, v.79, p.2713-2718, 2001.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington, D.C.: 1990. 1298p
- BELURY, M.A. Dietary conjugated linoleic in health: physiological effects and mechanisms of action. **Annual Review Nutrition**, v.22, p.505-531, 2002
- BHATTACHARYA, A.N.; HARB, M. Dried citrus pulp as grain replacement for Awassi lambs. **Journal of Animal Science**, v.36, n.6, p.1175-1180, 1973.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Decreto n.2.244, de 5 de junho de 1997. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasília, 1997. 204p.
- CAPARRA, P.; FOTI, F.; SCERRA, M. et al. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, v.40, n.3, p.303-311, 2007.
- CHRISTIE, W.W. Chromatographic and Spectroscopic analysis of lipids: general principles. In: CHRISTIE, W.W. (Ed.) **Lipid Analysis**. Oxford: Pergamon Press, 1982. p.25-49.
- COOPER, S.L.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G. et al. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1461-1470, 2004.
- COSTA, R.G.; BATISTA, A.S.M.; AZEVEDO, P.S. et al. Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.532-538, 2009.
- DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.58, p.593-607, 1999.
- ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B. et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, n.4, p.443-456, 1996.
- FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.
- GERMAN, J.B.; DILLARD, C.J. Saturated fats: what dietary intake? **American Journal of Clinical Nutrition**, v.80, p.550-559, 2004.
- GIVENS, D.I.; KLIEM, K.E.; GIBBS, R.A. et al. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. **Meat Science**, v.74, p.209-218, 2006.
- GRINARI, J.M.; BAUMAN, D.E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: YURAWCEZ, M.P.; MOSSOBA, M.M.; KRAMER, J.K.G. et al. (Eds.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. v.1. Champaign: AOCS Press, 1999. p.180-200.
- GRINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H. et al. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by 9-desaturase. **Journal of Nutrition**, v.130, n.9, p.2285-2291, 2000.
- HARFOOT, C.G.; NOBLE, R.C.; MOORE, J.H. Factors influencing the extent of biohydrogenation of linoleic acid by rumen microorganisms in vitro. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.24, p.961-970, 1973.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C. A Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, p.475-476, 1973.
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. et al. Desempenho e características da carcaça de tourinhos Santa Gertrudes confinados, recebendo dietas com alto concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.463-470, 2004.
- HILLGARTNER, F.B.; SALATI, L.M.; GOODRIDGE, A.G. Physiological and molecular mechanisms involved in nutritional regulation of fatty acid synthesis. **Physiological Reviews**, v.75, p.47-76, 1995.
- HU, F.B.; MANSON, J.E.; WILLET, W.C. Types of dietary fat and risk of coronary disease: a critical review. **Journal of the American College of Nutrition**, v.20, n.1, p.5-19, 2001.
- IVAN, M.; MIR, P.S.; KOENING, K.M. et al. Effect of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. **Small Ruminant Research**, v.41, p.215-227, 2001.
- JAKOBSEN, M.U.; OVERVAD, K.; DYERBERG, J. et al. Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease. **International Journal of Epidemiology**, v.37, p.173-182, 2008.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.
- KELLENS, M.J.; GODERIS, H.L.; TOBBACK, P.P. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids by mixed culture of rumen microorganism. **Biotechnology and Bioengineering**, v.28, p.1268-1276, 1986.
- KRAMER, J.K.G.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E.R. et al. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, v.32, p.1219-1228, 1997.
- LEE, S.H.; HOSSNER, K.L. Coordinate regulation of ovine adipose tissue gene expression by propionate. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2840-2849, 2002.
- LOCK, A.L.; GARNSWORTHY, P.C. Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cow's milk. **Animal Science**, v.74, p.163-176, 2002.
- MADRON, M.S.; PETERSON, D.G.; DWYER, D.A. et al. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular and subcutaneous fat in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1135-1143, 2002.
- MADRUGA, M.S.; ARAÚJO, W.O.; SOUSA, W.H.; et al. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4 (supl.), p.1838-1844, 2006.
- MADRUGA, S.M.; VIEIRA, T.R.L.; CUNHA, M.G.G. et al. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1496-1502, 2008.
- MARTINEZ, P.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Citrus pulp in diets for fattening lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.5, n.1, p.11-22, 1980.
- MURPHY, T.A.; LOERCH, S.C.; McCLURE, K.E. et al. Effects of restricted feeding on growth performance and carcass composition of lambs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.3131-3137, 1994.
- PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid in food. In: SEBEDIO, J.; CHRISTIE, W.W.; ADOLF, R. (Eds.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOCS Press, 2003. v.2, p.101-121.
- PEREZ, J.R.O.; BRESSAN, M.C.; BRAGNOLO, N. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamãcia sobre o perfil de ácidos graxos, colesterol e propriedades químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.11-18, 2002.
- QIU, X.; EASTRIDGE, M.L.; GRISWOLD, K.E. Effects of substrate, passage rate, and pH in continuous culture on flows of conjugated linoleic acid and trans 18:1. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.3473-3479, 2004.
- RAES, K.; DE SMET, S.D.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.199-221, 2004.

- RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. et al. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.789-794, 2008a.
- RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. et al. Polpa cítrica em rações para cordeiros em confinamento: características da carcaça e qualidade da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1869-1875, 2008b.
- SANO, H.; HATTORI, N.; TODOME, Y. et al. Plasma insulin and glucagon responses to intravenous infusion of propionate and their autonomic control in sheep. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3414-3422, 1993.
- SCHMID, A.; COLLOMB, M.; SIEBER, R. et al. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. **Meat Science**, v.73, p.29-41, 2006.
- SCHOONMAKER, J.P.; FLUHARTY, F.L.; LOERCH, S.C. Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte and lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v.82, p.137-148, 2004.
- SMEDES, F.; THOMASEN, T.K. Evaluation of the bligh and dyer lipid determination method. **Marine Pollution Bulletin**, v.32, n.8/9, p.681-688, 1996.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **System for Microsoft Windows**. Release 8.0. Cary: 1999. (CD-ROM).
- von SHACKY, C. n-3 Fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.224S-227S, 2000.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R. et al. Effect of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.60, p.21-32, 2003.
- ZAPATA, J.F.F.; NOGUEIRA, C.M.; SEABRA, L.M.J. et al. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do Nordeste brasileiro. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.691-695, 2001.