

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DA MANTEIGA
DE VACAS ALIMENTADAS COM GRÃOS DE LINHAÇA
E MONENSINA SÓDICA.

Autora: Daniele Cristina da Silva
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos

"Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal".

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2006

Felicidade não depende do que nos falta, mas do bom uso que fazemos do que temos.

Thomas Hardy

Aos

meus pais João e Maria Vera, minha estrutura, minha ajuda, meu refúgio, minha
companhia, minha alegria,..... minha vida!

À

Jaqueline e ao Luiz Henrique, irmãos adoráveis que Deus me presenteou e fazem
minha família ainda mais linda.

Ao

meu noivo Ricardo, pela amizade, coleguismo, companhia, incentivo e amor
dedicados.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, pela orientação, pela confiança e pelo incentivo a trabalhar com a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Antônio Ferriani Branco pela co-orientação e atenção dispendida.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Estadual de Maringá e à Fazenda Experimental de Iguatemi, por terem viabilizado a realização do experimento e do trabalho.

A Helene Petit por valiosa colaboração no desdobramento dos dados.

Ao Prof. Dr. Makoto Matsushita e à mestranda Roseli Padre pela valiosa contribuição nas análises.

A Prof^ª Dr^ª Paula Pinto e à acadêmica Débora Alexandrino Boatto que ajudaram na conquista do grande desafio deste trabalho.

A Ricardo Kazama, Maximiliane Alavarse Zambom, Valter H. Bumbieris Júnior e Wallacy Barbacena pela amizade, companheirismo e ajuda sem as quais não seria possível a realização desta dissertação.

Aos funcionários do Setor de Bovinocultura de leite da FEI, Vicente Faleiros, Antônio Silvério Sobrinho, Luis Casari e demais funcionários que colaboraram na execução do experimento.

Às funcionárias do Laboratório de Análise de Alimentos, Dilma Figueiredo, Creuza Azevedo e Cleuza Volpato, ao funcionário do Laboratório de Química, Dirceu Batista e ao funcionário do Laboratório de Agronomia, Leocir pela paciência e auxílio.

Aos Professores e amigos Dr. Clóves Cabreira Jobim, Dr. Júlio César Damasceno, Dr. Lúcia Maria Zeoula e Dr. Ulysses Cecato pela amizade e ajuda na realização deste trabalho e de tantos outros.

À Sandra Galbeiro e Sabrina Marcantonio Coneglian pela grande amizade, paciência durante todos os momentos e por tornarem-se irmãs de coração.

Aos bolsistas Francilaine De Marchi e Ederson Cichoski e aos colegas do Clube do Leite pela colaboração nos trabalhos a campo e de laboratório.

Por todos àqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho e no meu crescimento como futura pesquisadora.

BIOGRAFIA DA AUTORA

DANIELE CRISTINA DA SILVA, filha de João da Silva e Maria Vera Lúcia Manzatti da Silva, nasceu em Toledo, Paraná, no dia 21 de agosto de 1981.

Em março de 2004, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2004, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Bovinocultura de leite.

No dia 03 de março de 2006, submeteu-se à banca para defesa da dissertação de mestrado.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	01
1. Consumo e Digestibilidade.....	01
2. Produção e Qualidade do Leite e da Manteiga.....	02
3. Metabólitos do Sangue.....	08
4. Linhaça.....	10
5. Monensina Sódica.....	12
LITERATURA CITADA	14
OBJETIVO GERAL	18
CAPÍTULO II - Produção e Qualidade do Leite de Vacas da Raça Holandesa Alimentadas com Grãos de Linhaça Inteiros ou Triturados com ou sem Monensina Sódica	19
Resumo.....	19
Abstract.....	20
1. Introdução.....	21
2. Material e Métodos.....	23
3. Resultados e Discussão.....	28
4. Conclusões.....	43
5. Literatura Citada.....	44
CAPÍTULO III – Perfil de Ácidos Graxos da Manteiga de Vacas da Raça Holandesa Alimentadas com Grãos de Linhaça Inteiros ou Triturados com ou sem Monensina Sódica	47
Resumo.....	47
Abstract.....	48
1. Introdução.....	49
2. Material e Métodos.....	50
3. Resultados e Discussão.....	54
4. Conclusões.....	61
5. Literatura Citada.....	62
CONCLUSÕES GERAIS	64

RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do processamento (trituração) dos grãos de linhaça e a adição de monensina sódica sobre os parâmetros: consumo e digestibilidade dos nutrientes; produção, composição e qualidade do leite, perfil de ácidos graxos da manteiga e metabólitos sanguíneos. Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa com peso médio de 570 ± 43 kg distribuídas em um delineamento em quadrado latino duplo com quatro períodos experimentais de 21 dias cada. Os tratamentos foram: grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM); grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM); grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) e grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM). Foram determinados o consumo de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), a digestibilidade aparente total da MS, PB, matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), e carboidratos não estruturais (CNE). A produção de leite e a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, acidez, densidade também foram medidas bem como os componentes do leite, proteína, gordura, lactose, sólidos totais, N-uréico, contagem de células somáticas (CCS) e perfil de ácidos graxos. Coletas de sangue foram feitas com os animais em jejum para determinação da concentração de glicose, triglicerídeos, colesterol total, HDL, LDL e VLDL. A manteiga produzida com o desnate do leite foi utilizada para

determinação do perfil de ácidos graxos, além da gordura, MS e valor de pH. Vacas alimentadas com grãos de linhaça inteiros ou triturados com ou sem monensina sódica têm igual consumo de MS e PB. Porém, grãos de linhaça triturados melhoram a digestibilidade do EE e da PB e diminuem a da FDA. A produção de leite corrigida e a percentagem de gordura no leite são diminuídas com monensina, além de diminuir a quantidade de ácidos graxos saturados no leite. Grãos de linhaça triturados produzem maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados e ômega 3 no leite e na manteiga. Todavia este tratamento propicia maiores níveis de N-uréico no leite. Grãos de linhaça triturados ou dieta com ausência de monensina fornecidos às vacas melhoram a razão ômega6/ômega3 no leite e na manteiga. Por outro lado, a presença de monensina sódica na dieta enriquece o leite e a manteiga com CLA e diminui a quantidade de ácidos graxos saturados, entretanto, aumenta o LDL circulante. Grãos de linhaça triturados apresentam-se mais satisfatórios do que grãos de linhaça inteiros na maioria dos parâmetros avaliados.

ABSTRACT

The aim of this trial was to evaluate the effect of feeding ground flaxseed and monensin in the parameters: intake and digestibility of nutrients; milk production, composition and quality; butter fatty acid profile and composition of blood. Eight Holstein cows with average body weight of 570 ± 43 kg were assigned in a double latin square design with 4 experimental periods of 21 days each. The treatments were: whole flaxseed without monensin (WFNM), whole flaxseed with monensin (WFWM), ground flaxseed without monensin (GFNM) and ground flaxseed with monensin (GFWM). Dry matter (DM) and cruden protein (CP) intake, apparent digestility of DM, CP, organic matter (OM), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and nonstructural carbohydrates (NEC) were estimated. Evaluations of milk production and yield of 3.5% fat-corrected milk (FCM), pH, density, protein, fat, lactose, total solids, urea nitrogen, somatic cell score (SCS) and fatty acid profile of milk were also performed. Blood was sampled with animals in starvation to determine glucose, triglycerides, total cholesterol, HDL, LDL and VLDL. The butter produced with the milk cream was used to determine fatty acid profile and contents of fat, DM and pH. Cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin showed similar DM and CP intake. However, ground flaxseed improved EE and CP digestibility and decreased ADF digestibility. Yield of 3.5%FCM, milk fat and saturated fatty acids were

decreased with monensin addition. Ground flaxseed provided more polyunsaturated fatty acids (PUFA) and omega-3 in both milk and butter. However, this treatment also promoted greater levels of milk urea nitrogen (MUN). Cows fed ground flaxseed or diet without monensin had greater omega-6/omega-3 ratio in milk and butter than those animals fed whole flaxseed or monensin. On the other hand, monensin provided CLA (Conjugated Linoleic Acid) to milk and butter and decreased saturated fatty acids, although it increased LDL in blood. Ground flaxseed is more satisfactory than whole flaxseed for most of the evaluated parameters.

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO

1. Consumo e Digestibilidade

Diversos pesquisadores afirmam que teores maiores que 7% de lipídios na ração interferem negativamente na fermentação ruminal (Palmquist, 1989; Jenkins, 1993), afetando principalmente a digestão da fibra.

De acordo com Byers & Schelling (1993) os mecanismos que influenciam na digestão da fibra deve-se a grande quantidade de gordura fornecida são: recobrimento físico da fibra pela gordura, efeito tóxico para alguns microrganismos, efeitos de superfície ativa na membrana de microrganismos e redução da disponibilidade de cálcio através da formação de sabões.

O NRC (2001) relata que a adição de lipídios pode limitar o consumo por efeitos sobre a fermentação ruminal ou efeitos de ordem metabólica e Eifert et al. (2005) observou esse efeito com diminuição do consumo de matéria seca por vacas lactantes recebendo adição de óleo de soja na ração.

Em estudo conduzido por Petit (2002) com vacas em lactação recebendo linhaça em grão, Megalac[®] (sais de Ca de ácido graxo) ou soja micronizada foram observadas menores digestibilidades para a FDN, FDA e o EE para o tratamento linhaça em relação aos outros tratamentos. Segundo o autor, há um maior acesso das bactérias e enzimas a

gordura na forma de sais de Ca (Megalac[®]) ou micronizada comparados com lipídios associados à matriz protéica e fibrosa no grão inteiro.

Chouinard et al. (1998) forneceram sais de cálcio de ácido graxo de soja, linhaça e canola para vacas lactantes e observaram digestibilidade maior da MS, PB, EE e FDN para os sais de cálcio em relação à dieta controle. Os autores justificaram que os sais de Ca substituíram parte do milho da dieta em relação à dieta controle diminuindo o amido e conseqüentemente os carboidratos fermentáveis no rúmen. Isso afetou a energia disponível para a síntese microbiana de proteína, aumentou a perda de NH₃N ruminal, o que acarretou em maior digestibilidade aparente da PB. Além disso, o lipídio de sais de cálcio é mais digestível.

O fornecimento de óleo de peixe combinado com diferentes fontes de gordura (alta em ácido esteárico, alta em ácido oléico ou alta em ácido linoléico) não apresentou diferença para o consumo de matéria seca de vacas em lactação (AbuGhazaleh et al., 2003).

As digestibilidade da MS, PB e FDA também não foram diferentes em vacas lactantes recebendo ração controle ou suplementadas com óleo de canola ou canolamide (ácido oléico complexado com aminoácidos para reduzir biohidrogenação), em estudo conduzido por Loor et al. (2002).

2. Produção e qualidade do leite e da manteiga

Uma infinidade de tipos de moléculas diferentes compõem o leite conferindo-lhe um alto grau de complexidade. Estas moléculas apresentam função específica, seja fornecendo nutrientes ou dando proteção imunológica ao neonato. Ainda, o leite tem papel importante na alimentação humana pelo alto valor biológico de seus nutrientes (proteínas, lipídios, glicídios, minerais e vitaminas), permitindo também o

processamento industrial de uma variedade de produtos (Fontaneli, 2001). Com relação à gordura, em especial, o leite tem sido criticado por conter um balanço inadequado de ácidos graxos comparado a gordura vegetal e ao óleo de peixe (Kennelly, 1996).

A gordura do leite tem em sua composição ácidos graxos de cadeia curta e média (4 a 14 carbonos), sintetizados a partir de ácidos graxos produzidos no rúmen (acetato e butirato) e ácidos graxos de cadeia longa (16 a 20 carbonos), que derivam da absorção da gordura intestinal ou de reservas de gordura acumuladas e mobilizadas (Santos, 2002). Apresenta ainda, 70% de ácidos graxos saturados, 25% de ácidos graxos insaturados e 5% de ácidos graxos poliinsaturados em média (Grummer, 1991).

Em uma alimentação saudável preconiza-se a ingestão de mais ácidos graxos poliinsaturados (AGP), ômega 3 (ácido linolênico) e CLA (ácido linoléico conjugado).

Ingestão de alimentos enriquecidos com AGP (ômega 6 e ômega 3) está associado com redução do risco de doenças cardiovasculares. (Sangiovani et al., 2000; Bucher et al., 2002; Lorgeril & Salen, 2002). Grummer & Carrol (1991) também reportaram que o aumento de ácido graxo ômega 3 (ácido linolênico) no leite poderia reduzir a incidência de arteriosclerose, o que está de acordo com as afirmações de Petit (2002).

O CLA tem sido relacionado com efeitos anticarcinogênicos, antiaterogênicos, aumento da resposta imune, redução da gordura acumulada no corpo e ainda, efeito antidiabético (Whigham et al., 2000; Tanaka, 2005).

O leite é uma fonte pobre de AGP com 3% de ácido linoléico (C18:2) e 1% de ácido linolênico (C18:3) somente. Entretanto, um balanço ideal seria de mais ou menos 10% de AGP, 82% de monoinsaturados e 8% de saturados (Kennelly, 1996).

Segundo Grummer (1991), a modificação da gordura no leite pela manipulação da dieta não é um conceito novo. Com o advento da margarina como um substituto da

manteiga e recomendações de redução da quantidade de gordura saturada em dietas humanas, nos primeiros anos da década de 70 iniciou-se um intenso período de pesquisas para aumento da quantidade de gordura insaturada no leite alterando a dieta fornecida aos animais.

Kennelly (1996) relatou ainda que a manipulação da dieta a qual resultaria em um aumento de ácido esteárico (C18:0) e ácido oléico (C18:1) com diminuição de ácido palmítico (C16:0) e ácido mirístico (C14:0) é considerado desejável para a saúde humana oferecendo também o benefício de resultar em uma manteiga mais macia.

Em temperatura ambiente (25°C), os ácidos graxos saturados de 12 a 24 carbonos têm consistência serosa, enquanto os ácidos insaturados do mesmo comprimento são líquidos oleosos (Nelson & Cox, 2002).

O maior consumo de ácidos graxos poliinsaturados, ômega 3, por exemplo, seria possível com o aumento das concentrações destes compostos em alimentos ingeridos pela população, como o leite e a manteiga, tornando-os nutracêuticos, com propriedades medicinais. O ômega 3, o ácido linolênico (*cis*9, *cis*12, *cis*15-C18:3) é precursor da síntese do ácido linoléico conjugado (CLA) durante a biohidrogenação ruminal (Harfoot & Hazlewood, 1997).

A biohidrogenação é um ato de defesa natural dos microrganismos do rúmen, contra as gorduras insaturadas que lhes são tóxicas. Portanto, uma grande quantidade de ácidos graxos insaturados na dieta prejudica a degradação da fibra, pois reagem com as membranas celulares das bactérias, principalmente as gram-positivas, fibrolíticas, afetando a integridade da barreira seletiva (Jenkins, 1993).

Para que ocorra a biohidrogenação, os lipídios da dieta sofrem inicialmente a hidrólise das ligações ésteres catalisadas pelas lipases microbianas. Os ácidos graxos insaturados livres sofrem então a isomerização da dupla ligação *cis*-12, tanto no ácido

linoléico como no ácido γ -linolênico, formando as duplas ligações conjugadas contendo a ligação *trans*₁₁. A seguir ocorre a redução das ligações *cis*, com formação do ácido vacênico (*trans*₁₁-C18:1), intermediário comum para os ácidos linoléico e γ -linolênicos (Harfoot & Hazlewood, 1997).

A hidrogenação de *trans*₁₁-C18:1 parece ser um passo limitante na seqüência da biohidrogenação e, como consequência, este intermediário acumula-se no rúmen e torna-se mais disponível para a absorção (Bauman et al., 1999). Além disso, aumento da concentração de ácidos graxos insaturados diminui a extensão da biohidrogenação do *trans*₁₁-C18:1 (Harvatine & Allen, 2004).

O produto final da biohidrogenação é o ácido esteárico (C18: 0) (Figura 1).

Em dietas convencionais, quase todo 18:2n-6 (Ácido linoléico) e 18:3n-3 (Ácido linolênico) são biohidrogenados. Em média, 80% do linoléico e 92% do linolênico são saturados devido a biohidrogenação (Fellner et al., 1995).

A extensão da hidrólise é dependente da natureza do lipídio oferecido: óleos de plantas como óleo de linhaça são hidrolizados mais completamente (\pm 90%) do que óleos de peixe, os quais tendem a apresentar menos do que 50% de hidrólise (Byers & Schelling, 1993).

Portanto, a adição de ácidos graxos poliinsaturados na dieta de animais ruminantes, não é garantia de que apareçam na carne ou leite, uma vez que durante a biohidrogenação a parte glicerol é fermentada em ácido propiônico e os ácidos graxos insaturados hidrogenados a ácidos graxos saturados (Medeiros, 2002).

O ácido linoléico conjugado (CLA) representa uma mistura de isômeros geométricos e posicionais do ácido octadecadienóico com duplas ligações conjugadas, que se encontram em alta concentração nos alimentos derivados dos animais ruminantes (Modesto et al., 2002), sendo o isômero *cis*₉, *trans*₁₁-C18:2 - o mais abundante (85%)

(Parodi, 1999). O CLA é formado durante a biohidrogenação ruminal incompleta do ácido linolénico e/ou formado na glândula mamária a partir do *trans11*-C18:1, um outro intermediário da biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen.

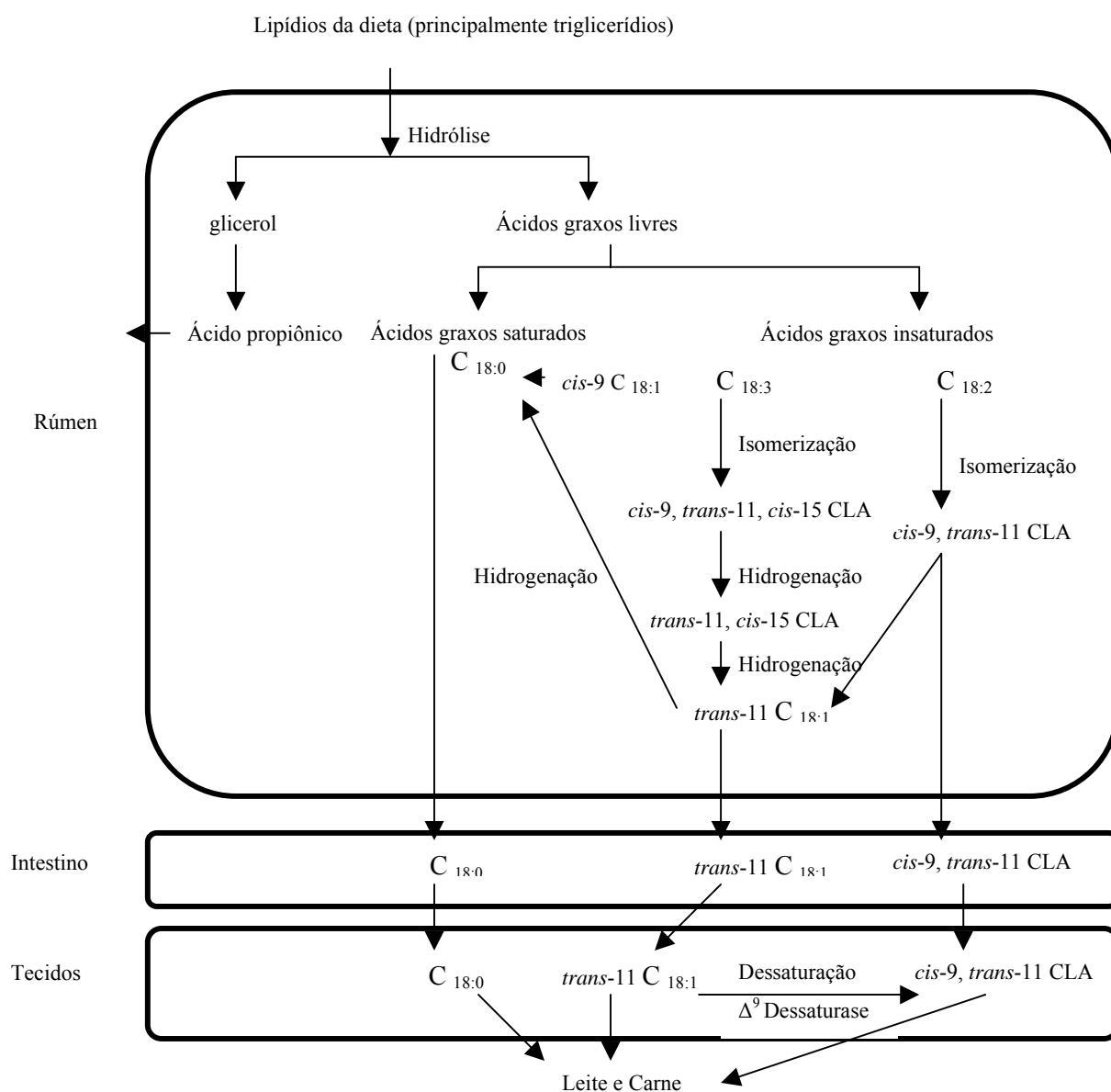


FIGURA 1. Metabolismo lipídico no rúmen e a origem do ácido linoléico conjugado em produtos de ruminantes (Fonte: Tanaka, 2005).

Se por um lado evitar a biohidrogenação pode aumentar a concentração de ômega 3 nos produtos derivados (leite e manteiga), por outro lado preservar a biohidrogenação incompleta auxilia a incorporação de CLA nos mesmos produtos.

A biohidrogenação pode ser evitada com o uso de métodos de proteção dos ácidos graxos no rúmen, seja pelo fornecimento de grãos inteiros de oleaginosas com lenta liberação da gordura, ou sais de cálcio de ácidos graxos (gordura protegida) ou ainda a utilização de ionóforos alterando a presença de microrganismos ruminais responsáveis pela biohidrogenação.

Pesquisas têm mostrado que aumento na concentração de ácidos graxos insaturados na gordura do leite resulta em uma manteiga mais macia e “espalhável” sob temperatura de refrigeração, mas mantém todos os atributos de qualidade de uma manteiga normal (Wood, et al., 1975; Middaugh, et al., 1988). Manteiga mais macia pode ser produzida alimentando vacas com gordura protegida (Wood, et al., 1975; Wong, et al., 1982) e também não protegida (Wong, et al., 1982; Middaugh, et al., 1988).

Suplementação na dieta com óleos de plantas ou sementes com alto teor de gordura resultam em aumentos substanciais do teor de CLA na gordura do leite (Tanaka, 2005).

Ward et al. (2002) forneceram grãos moídos de solin (cultivar de linhaça com 28% de ácido linoléico), linhaça ou canola como fonte de gordura e uma dieta controle para vacas da raça Holandesa em lactação e observaram um aumento de 35% do C18:2 e 157% do C18:3 proporcionados pelos tratamentos Solin e Linhaça, respectivamente, comparados aos outros tratamentos.

Outro componente muito importante presente no leite que dá informações sobre o estado nutricional do animal é o nitrogênio uréico. A principal fonte de uréia no sangue provém da digestão da proteína por microrganismos no rúmen que produzem amônia. No sangue, a amônia é convertida em uréia pelo fígado e fica circulante na corrente (Dunham, 1996) que, por seu baixo peso molecular, atravessa o epitélio

alveolar da glândula mamária difundindo-se no leite (Wittwer, 2000). Valores de N-uréico no leite maiores que 18 mg/dL indicam que a proteína da dieta está sendo perdida (Dunham, 1996).

3. Metabólitos do sangue

O colesterol é uma molécula importante na estrutura de muitas membranas e como precursor dos hormônios esteróides e dos ácidos biliares. Ele não é necessário na dieta dos mamíferos, porque o fígado deles pode sintetizá-lo a partir de precursores mais simples sendo transportado de um tecido para o outro pelo plasma sangüíneo na forma de lipoproteínas plasmáticas – complexos moleculares de proteínas transportadoras (Nelson & Cox, 2002).

Diferentes combinações de lipídios e proteínas produzem partículas com densidade diferente: lipoproteínas de densidade muito alta (HDL), lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL) e lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (Nelson & Cox, 2002).

Os ácidos graxos em excesso na dieta são convertidos em triacilgliceróis no fígado e transportados via VLDL para os músculos e tecido adiposo. Com a perda de alguns triacilgliceróis as VLDL são agora LDL que transportam o colesterol para os tecidos periféricos. O excesso de colesterol nos tecidos extra-hepáticos é transportado de volta ao fígado como HDL, sendo parte deste colesterol transformado em sais biliares (Nelson & Cox, 2002).

A produção desregulada de colesterol pode levar a doenças graves como a obstrução de vasos sangüíneos (aterosclerose), sendo a ocorrência desta relacionada aos altos níveis de LDL. Existe ainda, uma correlação negativa entre os níveis de HDL e a doença arterial (Nelson & Cox, 2002). Em geral, o consumo de ácidos graxos saturados

tem sido associado com aumento sérico do nível de LDL, o qual é um fator de risco para doenças coronarianas (Tanaka, 2005). Porém, Van Soest (1994) também afirmou que óleo insaturado protegido pode elevar triglicerídios no sangue e aumentar o colesterol sangüíneo.

Oliveira et al. (1997) ao alimentar novilhas com uma dieta hiperlipidêmica (4,4% de EE), observaram aumento na concentração de HDL e colesterol total comparado a animais que receberam a dieta controle (2,0% de EE). Isto enfatiza a afirmação de Grummer e Carrol (1991), os quais relatam que a concentração de lipoproteínas e colesterol é aumentada pela suplementação de gordura na dieta.

Fornecendo Megalac[®], soja micronizada e grãos de linhaça para vacas em lactação, Petit (2002) observou um aumento do colesterol total sangüíneo para as vacas que receberam Megalac[®] (319 mg/100 mL) comparadas àquelas que receberam linhaça em grão (246 mg/100 mL). As concentrações de HDL foram maiores para os tratamentos Megalac[®] e soja micronizada do que linhaça em grão. Não houve diferença para a concentração de LDL.

Petit et al. (2002) trabalhando com Megalac[®], grãos de linhaça tratados com formaldeído, mistura de 50% de grãos de linhaça tratados com formaldeído e 50% de óleo de peixe ou infusão duodenal de óleo de linhaça relataram maiores concentrações de HDL e colesterol sangüíneos para animais que receberam a infusão. Também não houve diferença na concentração de LDL.

Da mesma forma que Petit (2002), Silva et al. (2005) encontraram maiores valores de HDL, e colesterol sangüíneo para animais alimentados com gordura protegida (LAC100[®]) quando comparados ao fornecimento de linhaça em grão.

4. Linhaça

A linhaça é uma das oleaginosas cujo óleo é rico em ácido graxo ômega 3 (53% do total de ácidos graxos) (NRC, 2001), e por estar na forma de grão, estaria protegida da biohidrogenação da sua gordura, podendo ser fornecido para dietas de vacas leiteiras objetivando um aumento deste ácido graxo no leite (Cavalieri, 2003).

Além disso, apresentando a linhaça 32% de gordura com 60% dos ácidos graxos considerados poliinsaturados, pode aumentar a concentração de CLA no leite dos animais durante a biohidrogenação do mesmo até o ácido graxo *trans11*-C18:1 (Ward et al., 2002). Este é responsável pela diminuição do teor de gordura do leite através da queda na atividade das enzimas lipogênicas bem como na inibição da transcrição do gene para a enzima acetil CoA carboxilase (Piperova et al., 1998; Santos, 2002)

Porém, o fornecimento de gordura para ruminantes deve ser cuidadosamente analisado, pois de acordo com Van Soest (1994) um excesso de ácidos graxos insaturados e triglicerídios pode causar profunda alteração no balanço da fermentação através da supressão de bactérias celulolíticas e metanogênicas; geralmente todas as bactérias gram-negativas são inibidas.

A composição de ácidos graxos do leite influenciada pelo fornecimento de semente de oleaginosas foi tema de uma revisão feita por Kennelly (1996). O autor relatou que em trabalho conduzido por Kennelly & Khorasani (1992) o fornecimento de linhaça inteira com níveis de 50 a 150 g/kg de MS da dieta apresentou igual produção de leite e porcentagem de gordura, não havendo diferença também para o tratamento controle (sem inclusão de linhaça). Porém, a porcentagem de proteína no leite diminuiu linearmente com o aumento da inclusão da linhaça. Neste mesmo trabalho foi relatado que a inclusão de linhaça provocou uma redução em ácidos graxos C14 a C12 e C16 e

um aumento em ácidos graxos de 18 carbonos. Além disso, ácidos graxos insaturados aumentaram e saturados diminuíram com a inclusão de linhaça.

Khorasani & Kennelly (1994) avaliaram o fornecimento de linhaça amassada em um trabalho conduzido com vacas em lactação sendo os tratamentos uma dieta controle, 100 g/kg de Ms da dieta de grãos de linhaça inteiros, 100 g/kg de MS de grãos de linhaça amassados e um quarto tratamento com 50 g de grãos de canola amassados + 50 g de grãos de linhaça amassados/kg de MS. Observou-se que as fontes de gordura reduziram ácidos graxos de cadeia curta e média e aumentaram os de cadeia longa no leite das vacas. Não houve diferença para a produção de leite corrigido, porcentagem de proteína e gordura.

Petit (2002) forneceu Megalac[®], grão de linhaça e/ou soja micronizada para vacas leiteiras em início de lactação e encontrou aumento na porcentagem de ácido graxo ômega 3, diminuição na relação ômega 6/ômega 3 e diminuição da porcentagem de ácido palmítico (C16:0) no leite dos animais alimentados com grão de linhaça.

Grãos de linhaça inteiros e LAC100[®] foram estudados por Cavalieri et al. (2005). Os autores relataram que a produção de leite dos animais que receberam grãos de linhaça foi menor do que aqueles que receberam LAC100[®]. Porém, as porcentagens de gordura, proteína e sólidos totais foram maiores para o tratamento grãos de linhaça. Desta forma, a produção de leite corrigida para 4% de gordura foi igual para os tratamentos. Os autores relaram, ainda, que o fornecimento de grãos de linhaça aumentou o ácido graxo α -linolênico (C18:3) e LAC100[®] aumentou CLA, ambos importantes para a saúde humana.

5. Monensina sódica

Os gradientes iônicos desempenham papel essencial no transporte ativo e na conservação de energia. Compostos que colapsam o gradiente iônico através da membrana celular e que são específicos para microrganismos podem servir como antibióticos. Eles conduzem íons através da membrana a favor do seu gradiente de concentração e reduzem o gradiente iônico, sendo chamados de ionóforos (Nelson & Cox, 2002).

Os ionóforos são antibióticos que inibem particularmente as bactérias gram-positivas, sendo o mais utilizado na alimentação animal a monensina. Trata-se de um poliéter carboxílico que se liga a íons metálicos e transporta-os através da membrana (Pressman, 1976). Desta forma, a monensina, um ionóforo que carrega Na^+ é um antibiótico que mata as células microbianas rompendo seus processos transportadores secundários e as reações conservadoras de energia (Nelson & Cox, 2002).

Em geral, o metabolismo de seleção de microrganismos com o uso da monensina, favorece o animal hospedeiro. O metabolismo de energia é melhorado através do aumento da produção de propionato entre ácidos graxos ruminais com uma concomitante redução no metano. As digestibilidades da matéria seca e do nitrogênio são aumentadas (McGuffey et al., 2001).

Além disso, uma outra vantagem do uso da monensina é a sua relação com o mecanismo da biohidrogenação ruminal de ácidos graxos. Com o objetivo de enriquecer o leite com ácidos graxos poliinsaturados, os mesmos precisam ser preservados da biohidrogenação ruminal e, *Butyrivibrio fibrisolvens*, uma bactéria envolvida na biohidrogenação ruminal tem, segundo Fellner et al. (1997) seu crescimento inibido pela monensina sódica.

A manipulação da fermentação ruminal com a redução do pH *in vitro* ou a utilização de ionóforos indicaram que as taxas de hidrólise dos triglicerídios foram reduzidas, sugerindo que a velocidade e a extensão da biohidrogenação do ácido linoléico também foi diminuída (Van Nevel & Demeyer, 1995, 1996).

Estudos de fermentação *in vitro* com monensina, óleo de peixe e a combinação monensina+óleo de peixe conduzidos por Wang et al. (2005) registraram diminuição da concentração de C18:0 com a presença de monensina. Os autores atribuíram esse efeito a uma incompleta biohidrogenação causada pela presença da monensina evidenciada também pela alta produção de intermediários deste processo.

Fellner et al. (1997) avaliaram o efeito de ionóforos sobre a biohidrogenação. Foram utilizados monensina, nigericina, tetronasina e valinomicina em experimento *in vitro*. Os ionóforos diminuíram a taxa de biohidrogenação do ácido linoléico, resultando em menor quantidade de ácido esteárico e maior taxa de ácido oléico. Houve ainda, aumento de ácido linoléico conjugado pelo aumento do isômero *cis*₉, *trans*₁₁-C18:2 e, dentre os quatro ionóforos utilizados, a monensina foi quem aumentou a quantidade de isômeros de CLA.

Em estudo conduzido por Eifert et al. (2005) utilizando dietas com e sem óleo de soja adicionadas ou não de monensina sódica para vacas em lactação não foram observadas diferenças na digestibilidade aparente total da MS, MO, FDN, PB, CNF e CHT. Porém, nas dietas sem óleo, a monensina elevou a digestibilidade ruminal da fibra de 43,68% para 45,71%, apesar do efeito negativo da monensina sobre bactérias celulolíticas. Os autores justificaram esse efeito sugerindo que uma população celulolítica diferenciada, isto é, selecionada pela capacidade de resistência ou tolerância à monensina, consegue manter a atividade celulolítica no rúmen.

LITERATURA CITADA

- ABUGHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. Milk Conjugated Linoleic Acid Response to Fish Oil Supplementation of Diets Differing in Fatty Acid Profiles. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.3, p.944–953, 2003.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A et al. **Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants**. Proc Am. Soc. Anim. Sci. 1999. Disponível em: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>. Acesso em: 10/12/2005
- BUCHER, H.C.; HENGSTLER, P.; SCHINDLER, C. et al. Reviews: n-3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. **The American Journal of Medicine**, v.112, n.4, p.298-304, 2002.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Lipids in ruminant nutrition. In: CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition**. 2.ed. New Jersey: Waveland Press, 1993. p.298-312.
- CAVALIERI, F.L.B. **Lipídeos dietéticos na produção de embriões, na composição do leite e no perfil metabólicos de vacas da raça Holandesa**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2003.
- CAVALIERI, F.L.B.; SANTOS, G.T.; MATSUSHITA, M. et al. Short Communication : Milk production and milk composition of dairy cows fed Lac100® or whole flaxseed. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 85, n. 3, p413-416, 2005.
- CHOUINARD, P.Y.; GIRARD, V.; BRISSON, G.H. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. . **Journal of Dairy Science**, v.81, n.2, p.471-481, 1998.
- DUNHAM, J.R. Milk Urea Nitrogen: a nutritional management tool. In: **Dairy Day Kansas 1996**, Kansas. Anais... Kansas: Kansas State University, 1996. p.64.
- EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LEÃO, M.I.; et al. Efeito da Combinação de Óleo de Soja e Monensina na Dieta sobre o Consumo de Matéria Seca e a Digestão em Vacas Lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.297-308, 2005.
- FELLNER, V.; SAUER, F.D.; KRAMER, J.K.G. Steady-state rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.8, p.1815-1823, 1995.

- FELLNER V.; SAUER F.D.; KRAMER, J.K.G. Effect of Nigericin, Monensin, and Tetronasin on Biohydrogenation in Continuous Flow-Through Ruminal Fermenters. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.5, p.921-928, 1997.
- FONTANELI, R.S. **Fatores que afetam a composição e as características físico-químicas do leite**. 2001. Disponível em: www6.ufrgs.br/bioquimica/. Acesso em: 22/10/2005.
- GRUMMER, R.R.; CARROL, D.J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, n.9, p.3838-3852, 1991.
- GRUMMER, R.R. Effect of feed on the composition of milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.9, p. 3228-3243, 1991.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. 2.ed. Blackie Academic & Professional: Great Britain, 1997. p.382-419.
- HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Kinetic model of rumen biohydrogenation: fractional rates of fatty acid biohydrogenation and passage. **Journal of Animal and Feed Science**, v.13 (Suppl. 1), p.87-90. 2004.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.
- KENNELLY, J.J. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, n.3, p.137-152, 1996.
- KENNELLY, J.J.; KHORASANI, R.G. Influence of flaxseed feeding on the fatty acid composition of cow's milk. In: CARTER, J. F. **Flax Institute Conference**, 54., 1992, Fargo. Proceedings... Fargo: North Dakota State University, 1992. p.99.
- KHORASANI, R.G.; KENNELLY, J.J. Influence of flaxseed on the nutritional quality milk. In: CARTER, J. F. **Flax Institute Conference**, 55., 1994, Fargo. Proceedings... Fargo: North Dakota State University, 1994. p.127.
- LOOR, J.J.; HERBEIN, J.H.; JENKINS, T.C. Nutrient digestion, biohydrogenation and fatty acid profiles in blood plasma and milk fat from lactating Holstein cows fed canola oil or canolamide. **Animal Feed Science and Technology**, v.97, n.1, p.65-82, 2002.
- LORGERIL, M. De; SALEN, P. Fish and n-3 fatty acids for the prevention and treatment of coronary heart disease: nutrition is not pharmacology. **The American Journal of Medicine**, v.112, n.4, p.316-319, 2002.
- McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON; J.I.D. Ionophores for Dairy Cattle: Current Status and Future Outlook. **Journal of Dairy Science**, v.84 (E.Suppl.), p.E194-E203, 2001.
- MEDEIROS, S.R. **Ácido linoléico conjugado: teores nos alimentos e seu uso no aumento da produção de leite com maior teor de proteína e perfil de ácidos graxos modificado**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Universidade de São Paulo, 2002. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Universidade de São Paulo, 2002.

- MIDDAUGH, R.P.; BAER, R.J.; CASPER, D.P. et al. Characteristics of milk and butter from cows fed sunflower seeds. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.3179-3185, 1988
- MODESTO, E.C.M.; SANTOS, G.T.; VILELA, D.; et al. Efeitos nutricionais e metabólicos de dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados para os ruminantes e os benefícios para o homem. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.5, n.1, p.119-134, 2002.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. Lehninger: **Princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier. 2002. 975p.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy of Science, 2001. 254 p.
- OLIVEIRA, F.N.; FONSECA, F.A.; FILHO, S.C.V. et al. Concentração sanguínea de progesterona e metabólitos lipídicos em novilhas sincronizadas com syncro mate b e alimentadas com dieta hiperlipidêmica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.942-947, 1997.
- PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídios para vacas em lactação. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES**, 6., 1989, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 1989. p.11.
- PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n.6, p. 1339-1349, 1999.
- PETIT, H.V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n.6, p.1482-1490, 2002.
- PETIT, H.V.; DEWHURST, R.J.; SCOLLAN, N.D.; et al. Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats1. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.4, p.889-899, 2002.
- PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I.; et al. Association of diet induced increases in milk trans fatty acids with the activities of acetyl-Coa carboxylase and fatty acid synthetase in the mammary gland of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.81 (Suppl.1), p.352, 1998.
- PRESSMAN, B.C. Biological applications of ionophores. **Annual Review Biochemistry**, v.45, p.501-503, 1976.
- SANGIOVANNI, J.P.; BERKEY, C.S.; DWYER, J.T. et al. Review Dietary essential fatty acids, long-chain polyunsaturated fatty acids, and visual resolution acuity in healthy fullterm infants: a systematic. **Early Human Development**, v.57, n.3, p.165-188, 2000.
- SANTOS, J.E.P. Feeding for milk composition. In: **INTERNATIONAL CONGRESS ON BOVINE MEDICINE**. 5., 2002, Santiago de Compostela. Proceedings... Santiago de Compostela, 2002. p.163.
- SILVA, D.C.; CAVALIERI, F.L.B.; SANTOS, G.T. et al. Fontes de gordura na dieta sobre a digestibilidade e concentrações sanguíneas de alguns metabólitos em vacas da raça holandesa. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 42., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia [2005]. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.

- TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. **Animal Science Journal**, v.76, n.4, p.291-303, 2005.
- VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen in vitro: Inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.12, p.2797-2806, 1995.
- VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Influence of pH on lipolysis and biohydrogenation of soybean oil by rumen contents in vitro. **Reproduction Nutrition Development**, v.36, n.1, p. 53-65, 1996.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.
- WANG, J.H.; ZHU, B.W.; SONG, M.K. et al. Effect of monensin, fish oil or their combination on in vitro fermentation and conjugated linoleic acid (CLA) production by ruminal bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.4, p.341-349, 2005.
- WARD, A.T.; WITTENBERG, K.M.; PRZYBYISKI, R. Bovine milk fatty profile produced by feeding diets containing solin, flax and canola. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.5, p.1191-1196, 2002.
- WHIGHAM, L.D.; MARK, E.; COOK, B. et al. Conjugated linoleic acid: implications for human health. **Pharmacological Research**, v.42, n.6, p.503-510, 2000.
- WITWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. In: González, F. et al. (Ed.) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Biblioteca Setorial da Faculdade de Medicina Veterinária da UFRGS: Porto Alegre, 2000, p.9-22.
- WONG, W.; JELEN, P.; DEMAN, J.M. Softening of butter related to feeding low doses of protected tallow supplement. **Journal of Dairy Science**, v. 65, p.1623-1629, 1982.
- WOOD, F.W.; MNRPHY, H.F.; DUNLLEY; W.L. Influence of elevated polyunsaturated fatty acids on processing and physical properties of butter. **Journal of Dairy Science**, v.58, p.839-843, 1975.

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do processamento (trituração) dos grãos de linhaça com ou sem monensina para vacas em lactação sobre os parâmetros: consumo e digestibilidade dos nutrientes; produção, composição e qualidade do leite; perfil de ácidos graxos da manteiga e metabólitos sanguíneos.

CAPÍTULO II

Produção e Qualidade do Leite de Vacas da Raça Holandesa Alimentadas com Grãos de Linhaça Inteiros ou Triturados com ou sem Monensina Sódica

Resumo: Objetivando avaliar a produção e qualidade do leite produzido, grãos de linhaça inteiros ou triturados com ou sem monensina sódica foram fornecidos para vacas em lactação. Foram utilizadas oito vacas distribuídas em um delineamento em quadrado latino duplo com quatro tratamentos e quatro períodos com 21 dias cada. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes foram estimados, composição do leite e metabólitos sanguíneos foram avaliados. O fornecimento de grãos de linhaça triturados proporcionou um aumento na digestibilidade aparente do EE e PB, porém, prejudicou a digestibilidade da FDA. A presença de monensina diminuiu a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, bem como a percentagem de gordura e a quantidade de ácidos graxos saturados no leite. Grãos de linhaça triturados produzem maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados e ômega 3 no leite. Todavia, este tratamento propicia maiores níveis de N-uréico no leite. O fornecimento de grãos de linhaça triturados ou a ausência de monensina apresentam melhores razões ω_6/ω_3 . A presença de monensina, entretanto, aumenta o LDL circulante. Grãos de linhaça triturados apresentam-se mais satisfatórios do que grãos de linhaça inteiros na maioria dos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: ácidos graxos poliinsaturados, metabólitos, ômega 3, produção de leite, produção de ruminantes

**Milk Production and Quality of Holstein Cows Fed Whole or Ground Flaxseed
with or without Monensin**

Abstract: The experiment aimed to evaluate production and quality of milk produced by lactation cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin addition. Eight cows were assigned in double latin square design with 4 treatments and 4 periods of 21 days each. Intake and total apparent digestibility of nutrients were estimated, while milk composition and blood concentration of metabolites were evaluated. The supply of ground flaxseed increased apparent digestibility of EE and CP, but damaged ADF digestibility. Feeding monensin decreased the production of 3.5% FCM, milk fat and the amount of saturated fatty acids in milk. Ground flaxseed provided more PUFA and omega-3 in milk. However, this treatment also promoted greater levels of milk urea nitrogen (MUN). The supply of ground flaxseed or monensin absence in diets promoted a better omega-6/omega-3 ratio. Therefore, the addition of monensin increased LDL in blood. Ground flaxseed is better than whole flaxseed for most of the evaluated parameters.

Key-words: metabolites, milk production, omega-3, PUFA, ruminant production

1. Introdução

O fornecimento de gordura para vacas em lactação apresentam, além de função energética, uma outra particularidade que é o enriquecimento do leite com moléculas nutracêuticas como os ácidos graxos ômega 3 e ácido linoléico conjugado (CLA).

Grummer & Carrol (1991) reportaram que o aumento de ácido graxo ômega 3 (ácido linolênico) no leite poderia reduzir a incidência de arteriosclerose, o que está de acordo com as afirmações de Petit (2002). Além disso, o CLA tem sido relacionado com efeitos anticarcinogênicos, antiaterogênicos, aumento da resposta imune, redução da gordura acumulada no corpo e ainda, efeito antidiabético (Tanaka, 2005).

O leite é uma fonte pobre de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) com 3% de ácido linoléico (C18:2) e 1% de ácido linolênico (C18:3). Entretanto, um balanço ideal seria de mais ou menos 10% de PUFA, 82% de monoinsaturados e 8% de saturados (Kennelly, 1996).

O ômega 3, o ácido linolênico (*cis*9, *cis*12, *cis*15-C18:3) é precursor da síntese do CLA durante a biohidrogenação ruminal (Harfoot & Hazlewood, 1997).

A biohidrogenação é um ato de defesa natural dos microrganismos do rúmen, principalmente das espécies *Butyrivibrio*, *Eubacterium*, *Fusocillus* e *Treponema* (Stewart et al., 1997) contra as gorduras insaturadas que lhes são tóxicas (Jenkins, 1993), porém, pode ser evitada com o uso de métodos de proteção dos ácidos graxos no rúmen, como o fornecimento de grãos inteiros de oleaginosas com lenta liberação da gordura (Kennelly & Khorasani, 1992), fornecimento de sais de Ca de ácido graxo (Harvatine e Allen, 2004) ou com a utilização de ionóforos (Fellner et al., 1997; Wang et al. 2005) alterando a presença de microrganismos ruminais responsáveis pela biohidrogenação.

A linhaça é uma das oleaginosas cujo óleo é rico em ácidos graxos ômega 3 (53% do total de ácidos graxos) (NRC, 2001), e por estar na forma de grão, estaria protegida da biohidrogenação, podendo ser fornecida nas dietas de vacas leiteiras objetivando um aumento destes ácidos graxos no leite (Cavaliere, 2003). O grão de linhaça, além disso, apresenta 32% de gordura com 60% dos ácidos graxos considerados poliinsaturados, podendo contribuir para aumentar a concentração de CLA no leite dos animais durante a biohidrogenação até o ácido graxo *trans11*-C18:1 (Ward et al., 2002).

Grãos de linhaça inteiros e LAC100[®] (sais de Ca de óleo de soja – Yakult, São Paulo, Brasil) para vacas em lactação foram estudados por Cavaliere et al. (2005). Os autores relataram que a produção de leite corrigida para 4% de gordura foi igual para os tratamentos e as percentagens de gordura, proteína e sólidos totais foram maiores para o tratamento grãos de linhaça inteiros. Ainda, o fornecimento de linhaça aumentou o ácido graxo α -linolênico (C18:3) e LAC100[®] aumentou CLA, ambos importantes para a saúde humana.

Outra forma de preservar de maneira completa ou incompleta os ácidos graxos poliinsaturados da biohidrogenação ruminal e conseqüentemente incorporá-los ao leite, é a diminuição das bactérias ruminais envolvidas na biohidrogenação, *Butyrivibrio*, *Eubacterium*, *Fusocillus* e *Treponema* (Stewart et al., 1997), através do fornecimento da monensina sódica.

Fellner et al. (1997) avaliaram o efeito de ionóforos sobre a biohidrogenação, utilizando monensina, nigericina, tetronasina e valinomicina em experimento *in vitro*. Observaram que os ionóforos diminuíram a taxa de biohidrogenação do ácido linoléico, resultando em menor quantidade de ácido esteárico e maior taxa de ácido oléico. Houve

ainda, aumento de ácido linoléico conjugado pelo aumento do isômero *cis*9, *trans*11-C18:2 e a monensina somente aumentou a quantidade de isômeros de CLA.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do fornecimento de grãos de linhaça inteiros ou triturados com ou sem monensina sódica para vacas em lactação através dos parâmetros: consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e qualidade do leite e metabólitos sanguíneos.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 2005 no setor de Bovinocultura de leite da Fazenda Experimental de Iguatemi situada na região Noroeste do Paraná, pertencente à Universidade Estadual de Maringá. Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa, múltiparas, com 60 ± 20 dias de lactação, peso médio de 570 ± 43 kg. Esses animais foram distribuídos em um duplo quadrado latino de 4 períodos de 21 dias cada, sendo 14 dias para adaptação e 7 dias para coleta.

Foram estudados os seguintes tratamentos: Grãos de Linhaça inteiros; Grãos de Linhaça inteiros + monensina sódica; Grãos de Linhaça triturados e Grãos de Linhaça triturados + monensina sódica.

Os animais permaneciam confinados em baias individuais das 08h às 10h e das 16h às 18h. O restante do dia permaneciam em piquete de terra batida para a prática de exercícios. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h e 16h, imediatamente após a ordenha dos animais. A relação volumoso:concentrado foi 60:40, sendo as dietas isoprotéicas, e isolipídicas, com base no extrato etéreo, atendendo as exigências das vacas em lactação conforme preconizado pelo NRC (2001) e exposto na Tabela 1.

Amostras semanais dos alimentos fornecidos e diárias das sobras foram coletadas e congeladas a -10°C .

TABELA 1 – Composição percentual e química (% da MS) das dietas experimentais: grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM).

TABLE 1 - Percentual and Chemical composition (% of DM) of experimental diets: whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO).

Alimentos <i>Feed ingredients</i>	Tratamentos (<i>Treatments</i>)			
	LISM <i>WFCO</i>	LICM <i>WFMO</i>	LTSM <i>GFCO</i>	LTCM <i>GFMO</i>
Silagem de milho (<i>Corn silage</i>)	60	60	60	60
Milho moído (<i>Ground corn</i>)	8,8	8,8	8,8	8,8
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	17,7	17,7	17,7	17,7
Suplemento mineral vitamínico* <i>Mineral and vitamin supplement</i>	1,5	1,48	1,5	1,48
Monensina (<i>Monensin</i>)	-	0,02	-	0,02
Linhaça inteira (<i>Whole flaxseed</i>)	12,0	12,0	-	-
Linhaça triturada <i>Ground flaxseed</i>	-	-	12,0	12,0
Composição química (<i>Chemical Composition</i>)				
NDT % (<i>TDN %</i>) ^a	63,3	64,1	64,6	65,6
ELL mcal/kg (<i>NEL mcal/Kg</i>) ^b	1,43	1,45	1,46	1,49
MS % (<i>DM %</i>) ^c	54,01	53,98	53,97	53,94
MO % (<i>OM %</i>)	94,32	94,51	94,35	94,53
PB % (<i>CP %</i>)	16,24	16,20	16,16	16,12
EE % (<i>EE %</i>)	5,94	5,89	5,95	5,89
FDN % (<i>NDF %</i>)	41,88	41,31	41,86	41,28
FDA % (<i>ADF %</i>)	23,77	23,86	23,89	23,99
CNE % (<i>NEC %</i>)	30,26	31,12	30,37	31,23
Cinzas % (<i>Ash %</i>)	5,68	5,49	5,65	5,47
Ca % (<i>Ca %</i>)	0,66	0,60	0,65	0,60
P % (<i>P %</i>)	0,36	0,37	0,36	0,37
16:0 ^d	15,21	15,25	15,22	15,26
18:0	3,02	2,99	3,01	2,99
<i>cis</i> 9-18:1	26,24	26,39	26,25	26,40
<i>cis</i> 6-18:2	39,64	40,15	39,63	40,14
<i>cis</i> 3-18:3	11,75	11,05	11,71	11,01

* Ca : 270g/kg, P : 80g/kg, S : 20g/kg, Mg : 15g/kg, Fe : 2200mg/kg, Cu : 800mg/kg, Co : 50mg/kg, I : 60mg/kg, Se : 40mg/kg, Zn : 2800mg/kg, F : 801mg/kg, Vit. A : 216000 U.I./kg, Vit. D : 67600 U.I./kg, Vit. E : 500mg/kg.

^a NDT= Nutrientes digestíveis totais (*TDN= total digestibles nutrients*). %NDT = %PBD + %FDND + %CNED + %(EEDx 2,25) Weiss (1999).

^b ELL= Energia líquida de lactação estimada através da equação: ELL (mcal/kg) = 0,0245 x %NDT – 0,12 (NRC, 2001) (*NEL= Net energy lactation estimated by equation: NEL (mcal/kg) = 0,0245 x %TDN – 0,12 (NRC, 2001)*).

^c MS= Matéria seca (*DM= dry matter*), MO= Matéria orgânica (*OM= organic matter*), PB= proteína bruta (*CP= cruden protein*), EE= extrato etéreo (*EE= ether extract*), FDN= fibra em detergente neutro (*NDF= neutral detergent fiber*), FDA= fibra em detergente ácido (*ADF= acid detergent fiber*), CNE= Carboidratos não-estruturais, CNE= 100 – (PB+EE+FDN+Cinzas) (*NEC= non-structural carbohydrates, NEC= 100 – (CP+EE+NDF+Ash)*)

^d % do total de ácidos graxos (% of total fatty acids).

Foi feito um “pool” das amostras de sobras, resultando em uma única amostra por animal por período. Posteriormente, essas amostras foram secas em estufa de ventilação forçada (55°C, 72h), moídas em peneira com crivo de 1 mm e analisadas para a determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas, segundo Silva & Queiroz (2002), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest et al. (1991).

Do décimo quinto ao vigésimo dia de cada período experimental foram coletadas amostras de fezes, diretamente na ampola retal, na seguinte distribuição: 15º dia (8:00h), 16º dia (10:00h), 17º dia (12:00h), 18º dia (14:00h), 19º dia (16:00h), 20º dia (18:00h). Após secagem em estufa com ventilação forçada (60°C – 72h), as amostras foram processadas em moinho do tipo Willey (1 mm) e compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal/período, e armazenadas em frascos de polietileno para posterior análise.

Para a determinação do consumo de matéria seca e nutrientes, diariamente foram registradas as quantidades de alimento oferecido e sobras. Para estimação da excreção fecal diária empregou-se como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), estimada nas amostras do fornecido, sobras e fezes por intermédio de procedimento de digestibilidade *in situ* por 144 h descrita em Detmann et al. (2001), seguindo as equações:

$$EF = \frac{CFDni}{FDNif}$$

$$CFDni = FDNiof - FDNis$$

Em que: EF = excreção fecal (kg/dia); CFDni = consumo de fibra em detergente neutro indigestível (kg); FDNif = fibra em detergente neutro indigestível das fezes (kg/kg);

FDN_{iof} = fibra em detergente neutro indigestível do oferecido (kg); FDN_{is} = fibra em detergente neutro indigestível das sobras (kg).

A percentagem de NDT dos tratamentos foi determinada pela equação descrita por Weiss (1999):

$$\%NDT = \%PBD + \%FDND + \%CNED + \%(EED \times 2,25)$$

onde:

NDT = nutrientes digestíveis totais; PBD = proteína bruta digestível; FDND = fibra em detergente neutro digestível; CNED = carboidratos não estruturais digestíveis; EED = extrato etéreo digestível.

sendo:

$$CNE = 100 - (PB + FDN + EE + Cinzas) \text{ (Sniffen et al., 1992).}$$

A produção leiteira foi aferida diariamente no sistema coletor de leite nas ordenhas da manhã e da tarde. Nos décimo quinto e décimo sexto dias de cada período experimental foram coletadas amostras de leite compostas proporcionalmente de acordo com a produção da manhã e da tarde de todos os animais, acondicionadas em frascos plásticos devidamente identificados contendo um comprimido de bronopol (2-bromo-2-nitro-1,3-propanediol) para conservação até análise de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e contagem de células somáticas. Estas análises foram realizadas no laboratório do Programa de Análises de Rebanhos Leiteiros da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa em Curitiba –PR, conforme descrito por Ítavo et al. (2000).

Outras duas amostras de leite/animal/período foram coletadas nos décimo quinto e décimo sexto dias de cada período experimental, acondicionadas em frascos plásticos e congeladas a -10°C para posterior análise de nitrogênio uréico no leite (Marsh et al., 1965) e perfil de ácidos graxos.

Para a análise de perfil de ácidos graxos, a gordura foi extraída do leite após descongelamento das mesmas (Murphy et al., 1995) e foi esterificada conforme método 5509 da ISO (1978) utilizando KOH/metanol e n-heptano.

Os ésteres de ácidos graxos foram analisados através de cromatografia gasosa (Cromatógrafo Varian) com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,20 µm de Carbovac 20M). O fluxo de gases foi de 1,2 mL/min de H₂ (gás de arraste), 32 mL/min para N₂ (gás auxiliar) e 30 e 300 mL/min, respectivamente, para o H₂ e ar sintético (gases para chama). A temperatura inicial da coluna foi estabelecida em 65°C, mantida por 8 min., elevada até 170°C a uma taxa de 5°C/min, mantida por 40 minutos, chegando a 240°C de temperatura final, sendo elevada a uma taxa de 5°C/min e mantida por 28,5 minutos. A quantificação dos ácidos graxos da amostra foi feita através da comparação com o tempo de retenção de padrões (SIGMA) e as concentrações através do Integrador-Processador CG-300.

Paralelamente às coletas de leite, foram realizadas medições da acidez do leite utilizando-se a solução Dornik e também a densidade do leite com o uso do termolactodensímetro (AOAC, 1984).

No décimo oitavo dia de cada período experimental, pela manhã, em jejum, foi realizada a coleta de sangue, diretamente da veia jugular dos animais, em tubos heparinizados, e as amostras foram submetidas à centrifugação a 3200 rpm por 20 minutos, sendo o plasma separado, acondicionado em frasco eppendorf e armazenado a -20°C, segundo metodologia descrita por Cavalieri, 2003. Foram realizadas as análises de VLDL (lipoproteína de muito baixa densidade), LDL (lipoproteína de baixa densidade), HDL (lipoproteína de alta densidade), colesterol total (teste fotométrico

enzimático), triglicerídios (teste colorimétrico enzimático) e glicose (teste colorimétrico enzimático) no aparelho Vitalab Selectra 2 com Kits comerciais da Diasys®.

No início e último dia de cada período experimental os animais foram pesados antes da alimentação da manhã, com o intuito de acompanhar o ganho médio diário (GMD).

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o procedimento MIXED do SAS com um arranjo dos tratamentos em fatorial 2 x 2. Os dados foram analisados considerando-se um delineamento de duplo quadrado latino 4 x 4.

A soma dos tratamentos dos quadrados latinos foi fracionada para fornecer os contrastes ortogonais e comparadas: grãos de linhaça inteiros x grãos de linhaça triturados, grãos de linhaça com monensina x grãos de linhaça sem monensina e interação entre grãos de linhaça e monensina. Teste de Tukey de comparação múltipla foi aplicado para separar as médias quando havia interação significativa ($P < 0,05$).

3. Resultados e discussão

Na Tabela 2 encontram-se as médias de ingestão e digestibilidade aparente total dos nutrientes das dietas avaliadas.

Os animais alimentados com os diferentes tratamentos não apresentaram diferença ($p > 0,05$) tanto na ingestão de MS quanto de PB. A trituração do grão de linhaça permite uma maior liberação de gordura no rúmen e os dados do presente experimento contradizem a afirmação de outros estudos de que o fornecimento de gordura, principalmente de grande liberação no rúmen, pode limitar o consumo pelos animais (NRC, 2001; Eifert, 2005). Isto deve-se ao fato de que a quantidade de gordura contida em todos os tratamentos (menos de 6% na MS) não ultrapassou o limite (7% na MS) que a torna negativa para a fermentação ruminal (Palmquist, 1989; Jenkins, 1993).

TABELA 2 - Ingestão e digestão de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 2 - Feed intake and digestion of Holstein cows fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos				EP	Probabilidade		
	Treatments					Probability		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM		Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	WFCO	WFMO	GFCO	GFMO	SE	Flaxseed	Monensin	Flaxseed x monensin
IMS (kg/dia)								
DMI (kg per d) ^b	16,1	16,0	16,4	16,1	0,2	0,31	0,43	0,61
PB ingestão (kg/dia)								
CP intake (kg per d)	2,70	2,70	2,76	2,73	0,03	0,28	0,72	0,67
Digestibilidade %								
Digestibility %								
MS (DM) ^c	58,6	59,7	58,7	59,6	0,7	0,99	0,19	0,87
MO (OM)	49,8	49,6	51,3	50,8	0,7	0,07	0,61	0,81
PB (CP)	65,9	67,9	69,4	69,3	0,7	0,003	0,20	0,16
EE (EE)	73,1	73,6	87,4	89,3	1,2	0,0001	0,34	0,55
FDN (NDF)	38,7	39,8	37,4	37,5	1,3	0,18	0,66	0,70
FDA (ADF)	36,3	36,4	31,5	34,6	1,5	0,04	0,29	0,34
CNE (NEC)	86,1	85,9	84,0	86,4	1,7	0,64	0,50	0,43

^a Média dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

^b IMS= ingestão de matéria seca (DMI= *dry matter intake*), PB= proteína bruta (CP= *cruden protein*).

^c MS= matéria seca (DM= *dry matter*), MO= matéria orgânica (OM= *organic matter*), PB= proteína bruta (CP= *cruden protein*), EE= extrato etéreo (EE= *ether extract*), FDN= fibra em detergente neutro (NDF= *neutral detergent fiber*), FDA= fibra em detergente ácido (ADF= *acid detergent fiber*), CNE= carboidratos não estruturais (NEC= *non-structural carbohydrates*).

Resultados semelhantes também foram relatados por Ward et al. (2002), que ao fornecerem uma dieta controle, suplementação com grãos triturados de solin, linhaça ou canola para vacas em lactação não relataram diferença para o consumo de matéria seca entre os tratamentos. Neste experimento, os tratamentos com suplementação de gordura não ultrapassaram 6% de EE na MS.

Petit (2002) também relatou não ter encontrado diferença na ingestão de matéria seca quando vacas em lactação foram alimentadas com grãos de linhaça, Megalac[®] ou soja micronizada. Realmente, resultados assim são esperados uma vez que o nível e o tipo de gordura suplementada é irrelevante quando o total não ultrapassa 6% da MS da dieta (Kennelly, 1996).

Apesar do consumo de MS ter sido semelhante, os animais alimentados com grãos de linhaça inteiros apresentaram maior digestibilidade da FDA e menor digestibilidade do EE e PB ($P < 0,05$).

A digestibilidade da fibra é bastante influenciada pela presença de gordura no rúmen, seja pelo recobrimento físico da fibra pela gordura, pelo efeito tóxico para alguns microrganismos, por efeitos de superfície ativa na membrana de microrganismos ou pela redução da disponibilidade de cálcio através da formação de sabões (Byers & Schelling, 1993). Uma vez que os grãos de linhaça triturados proporcionaram uma maior liberação de gordura no rúmen, prejudicou a digestibilidade da FDA.

Por outro lado, os grãos de linhaça estando inteiros dificultaram a digestibilidade do EE e da PB, pois na forma de grão, a gordura estaria associada a uma matriz protéico-fibrosa do grão (Petit, 2002) e quando ácidos graxos estão associados às estruturas celulares dos alimentos há uma incompleta disponibilidade dos mesmos dificultando a formação de micelas para a digestão (Bauchart, 1993).

O fornecimento de grãos de linhaça também diminuiu a digestibilidade do EE em estudo conduzido por Petit (2002) quando comparada com o fornecimento de Megalac[®] ou soja micronizada os quais apresentam um maior acesso dos microrganismos e enzimas ruminais à gordura em relação aos grãos de linhaça inteiros.

A matriz protéico-fibrosa presente nos grãos de linhaça inteiros indisponibilizou parcialmente a proteína para a digestão. Já no tratamento com grãos de linhaça triturados a fibra que ficou disponível teve sua digestão afetada não pela sua indisponibilidade, mas sim por terem as bactérias fibrolíticas sido afetadas pela gordura liberada no rúmen.

As digestibilidades aparente da MS, FDN e CNE foram semelhantes ($P>0,05$) tanto para o fornecimento de grãos de linhaça inteiros ou triturados quanto para o fornecimento ou não de monensina sódica. Da mesma forma, não houve efeito de interação entre forma de fornecimento de grãos de linhaça com monensina para todos os parâmetros de ingestão e digestibilidade avaliados.

Não houve diferença na produção de leite ($P>0,05$) para os diferentes tratamentos avaliados como apresentado na Tabela 3.

Ao fornecer óleo de soja com ou sem monensina para vacas em lactação, Eifert et al. (2005) não observaram efeito da monensina para a produção de leite, corroborando com os dados do presente trabalho. Porém, na dieta em que havia a presença de óleo, a produção de leite foi diminuída em 11,6%, fato esse relacionado, pelos autores, com o menor consumo deste tratamento devido a concentração de 6,2% de EE na MS, apesar de Palmquist (1989) e Jenkins (1993) afirmarem que o efeito negativo da gordura sobre o consumo só é evidenciado em dietas com 7% ou mais de EE na MS.

TABELA 3 - Produção e composição do leite de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 3 - Milk production and composition of Holstein cows fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos					Probabilidade		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM	EP	Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	<i>WFCO</i>	<i>WFMO</i>	<i>GFCO</i>	<i>GFMO</i>	<i>SE</i>	<i>Flaxseed</i>	<i>Monensin</i>	<i>Flaxseed x monensin</i>
Produção de leite (kg/dia)								
<i>Milk production (kg per d)</i>	21,3	21,5	22,8	22,7	0,7	0,07	0,98	0,82
PLC 3,5% (kg/dia)								
<i>3,5% FCM (kg per d)^b</i>	24,5	22,5	24,3	23,7	0,6	0,47	0,05	0,31
Proteína (%)								
<i>Milk protein (%)</i>	3,13	3,10	3,11	3,10	0,05	0,91	0,77	0,91
Gordura (%)								
<i>Milk fat (%)</i>	4,44	3,81	3,90	3,75	0,18	0,11	0,04	0,21
Produção de gordura (kg/dia)								
<i>Milk fat yield (kg per d)</i>	0,95	0,82	0,89	0,86	0,03	0,84	0,02	0,17
Lactose(%)								
<i>Milk lactose (%)</i>	4,57	4,62	4,61	4,66	0,03	0,15	0,10	0,88
Nitrogênio uréico (mg/dL)								
<i>Milk urea N (mg/dL)</i>	16,9	17,1	18,8	18,5	0,7	0,03	0,92	0,77
Contagem de células somáticas								
<i>Somatic cell score (x10³ ml⁻¹)</i>	2,46	2,42	2,56	2,34	0,13	0,91	0,33	0,49
CCS (SCS) ^c	540,8	779,9	573,6	396,7	253,8	0,49	0,90	0,42
Sólidos totais (%)								
<i>Milk total solids (%)</i>	13,4	12,6	12,7	12,5	0,1	0,04	0,009	0,07
Acidez (acidity)								
<i>Acidity</i>	1,75	1,72	1,77	1,78	0,04	0,30	0,81	0,61
Densidade (density)								
<i>Density</i>	1028,4	1028,6	1028,7	1029,0	0,3	0,25	0,44	0,83

^a Média dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

^b PLC= produção de leite corrigida para 3,5% de gordura = 0,432 x produção de leite (kg/dia) + 16,2 x produção de gordura (kg/dia) (*FCM: Fat correct milk 3.5% fat = 0.432 x milk production (kg/day) + 16.2 x fat production (kg/day)*) (Gravert, 1987)

^c CCS= contagem de células somáticas log₁₀ (*SCC = Somatic cell score log₁₀*).

Quando analisada a produção corrigida para 3,5% de gordura, os tratamentos que não continham monensina apresentaram maior produção ($P < 0,05$).

O fornecimento de monensina está associado com aumento da produção de propionato no rúmen (Nagajara et al., 1997), com isso, a proporção molar de propionato aumenta e a de acetato diminui. Este fato relaciona-se com a depressão da gordura do leite, ou seja, maior proporção de propionato influencia vários mecanismos que disponibilizam menos acetato (precursor da gordura do leite) para a glândula mamária (Van Soest, 1994), sendo essa teoria observada nos animais que receberam monensina pela diminuição da produção de gordura no leite comparados aos animais que não receberam monensina (4,17 vs 3,78%). Como consequência da maior produção de gordura, os tratamentos sem monensina também apresentaram maior porcentagem de sólidos totais em relação aos tratamentos com monensina.

Dhiman et al. (2000) relataram que o fornecimento de gordura através de sementes mantém ou aumenta a porcentagem de gordura no leite e Cant t al. (1997) observaram que gordura livre na forma de óleo de peixe diminui a porcentagem de gordura no leite. Isso, segundo Baumgard et al. (2000) é resultado da geração de altos níveis de ácidos graxos *trans* no rúmen. Porém, no presente trabalho, o fornecimento de linhaça na forma de grão ou triturada com maior liberação de gordura não apresentaram diferenças na porcentagem de gordura no leite, apesar da tendência numérica ($P = 0,11$) de maior teor de gordura para grãos de linhaça inteiros, talvez justificado pelo efeito negativo da trituração sobre a digestão da fibra que dá origem ao acetato, precursor da gordura do leite e também pela presença de ácidos graxos *trans* em função da biohidrogenação sugerida por Baumgard et al. (2000).

Tendência numérica ($P=0,07$) para a interação dos tratamentos também foi observada para teor de sólidos, sendo o tratamento grãos de linhaça inteiros e ausência de monensina sódica quem apresentou maior teor de sólidos totais (13,4%).

Animais alimentados com grãos de linhaça triturados tiveram maior concentração de N-uréico no leite (18,65 mg/dL) em relação aos animais que receberam grãos de linhaça inteiros (17,0 mg/dL). Como a proteína do grão de linhaça triturado ficou mais disponível para a fermentação ruminal e como a energia da gordura dilui a de carboidrato, que é a principal fonte de energia para microrganismos no rúmen (Van Soest, 1994), esta síntese ficou prejudicada e a proteína disponível foi convertida em amônia. A amônia circulante é transformada em uréia no fígado aumentando sua concentração no sangue e que, por seu baixo peso molecular pode atravessar o epitélio da glândula mamária difundindo-se no leite, valores de N-uréico no leite maiores que 18 mg/dL indicam que a proteína da dieta está sendo perdida (Dunham, 1996).

Proteína, lactose, CCS, acidez e densidade não tiveram influência dos tratamentos estudados.

As concentrações dos ácidos graxos no leite para os diferentes tratamentos avaliados estão expostos na Tabela 4.

O tratamento grãos de linhaça inteiros proporcionou um aumento de *cis*10-15:1, 17:0 e *cis*6-20:4. Já o grão de linhaça triturado aumentou as concentrações de *trans*11-18:1, *cis*6-18:2, *cis*9,*trans*11-18:2 (CLA) e *cis*3-18:3. A presença de monensina também aumentou a concentração destes ácidos graxos com exceção de *cis*3-18:3.

Sendo a linhaça uma das oleaginosas cujo óleo é rico em ácido graxo ômega 3 - *cis*3 18:3 (53% do total de ácidos graxos) (NRC, 2001), a trituração proporcionou uma liberação deste ácido que foi incorporado ao leite.

TABELA 4 - Concentrações de ácidos graxos no leite (percentagem do total de ácidos graxos) de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 4 - Fatty acid concentrations in milk of Holstein cows (percentage of total fatty acids) fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos					Probabilidade		
	Treatments					Probability		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM	EP	Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	WFCO	WFMO	GFCO	GFMO	SE	Flaxseed	Monensin	Flaxseed x monensin
6:0	0,45	0,40	0,43	0,41	0,1	0,95	0,72	0,85
8:0	0,52	0,45	0,48	0,44	0,1	0,77	0,52	0,87
10:0	1,72	1,52	1,60	1,43	0,2	0,58	0,33	0,93
11:0	0,04	0,04	0,04	0,03	0,01	0,32	0,83	0,33
12:0	2,17	2,03	2,06	1,90	0,2	0,46	0,37	0,95
13:0	0,07	0,09	0,08	0,07	0,01	0,47	0,51	0,29
14:0	9,18	8,96	8,93	8,32	0,4	0,26	0,28	0,60
<i>cis</i> 10-15:1	0,83	0,93	0,79	0,79	0,04	0,05	0,26	0,23
<i>iso</i> 16:0	0,22	0,20	0,19	0,20	0,02	0,41	0,79	0,42
16:0	26,38	26,43	24,62	23,27	0,64	0,001	0,32	0,29
<i>cis</i> 9-16:1	0,32	0,31	0,30	0,31	0,03	0,69	0,85	0,71
<i>cis</i> 7-16:1	1,36	1,34	1,16	1,24	0,1	0,07	0,71	0,52
17:0	0,49	0,53	0,47	0,48	0,01	0,01	0,06	0,40
<i>iso</i> 17 :0	0,57	0,60	0,50	0,58	0,02	0,11	0,07	0,39
<i>cis</i> 10-17:1	0,23	0,22	0,18	0,24	0,03	0,70	0,45	0,34
18:0	17,34	17,36	18,84	16,76	0,7	0,54	0,17	0,16
<i>trans</i> 11-18:1	1,40	1,59	1,71	3,33	0,06	0,0001	0,0001	0,0001
<i>cis</i> 9-18:1	29,08	28,37	29,01	29,30	0,8	0,61	0,80	0,56
<i>cis</i> 6-18:2	1,70	1,90	1,91	2,09	0,1	0,04	0,05	0,93
<i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11-18:2	0,47	0,55	0,56	1,01	0,11	0,02	0,02	0,11
<i>cis</i> 3-18:3	0,66	0,67	1,05	0,80	0,07	0,004	0,14	0,12
<i>cis</i> 6-20:4	0,13	0,11	0,11	0,10	0,01	0,03	0,02	0,94
<i>cis</i> 3-20:5	0,05	0,05	0,07	0,06	0,01	0,07	0,14	0,56
<i>cis</i> 6-22:4	0,03	0,02	0,03	0,02	0,002	0,24	0,02	0,29
<i>cis</i> 3-22:6	0,08	0,08	0,09	0,08	0,004	0,50	0,06	0,48
Não identificado								
<i>unidentified</i>	4,53	5,25	4,80	6,73	0,44	0,06	0,007	0,18

^aMédia dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

Além disso, os ácidos graxos poliinsaturados presentes no grão de linhaça ao serem liberados pela trituração, parte sofreu biohidrogenação parcial no rúmen constatado pelo aumento de intermediários deste processo no leite. Isto mostra que os intermediários (*trans*11-18:1 e CLA) que escapam completamente da biohidrogenação ruminal são absorvidos pelo trato digestivo, e transportados para a glândula mamária via circulação (Tanaka, 2005).

A monensina também apresentou um efeito parecido onde intermediários do processo de biohidrogenação (*trans*11-18:1 e CLA) foram aumentados no leite. Em adição, uma interação entre monensina e linhaça foi observada, sendo a presença de monensina e a trituração do grão de linhaça potenciais em aumentar CLA no leite. Isso é bastante vantajoso para a saúde humana, uma vez que CLA tem sido relacionado com efeitos anticarcinogênicos, antiaterogênicos, aumento da resposta imune, redução da gordura acumulada no corpo e ainda, efeito antidiabético (Whigham et al., 2000; Tanaka, 2005). Tanaka (2005) também relata que síntese endógena do CLA ocorre, envolvendo a enzima Δ^9 -dessaturase, com o precursor *trans*11-18:1, outro intermediário da biohidrogenação ruminal dos ácidos linoléico e α -linolênico. Desta forma, a maior concentração de CLA nos tratamentos com linhaça triturada e com monensina sódica pode ser proveniente também da maior quantidade de *trans*11-18:1 disponível na glândula mamária para a síntese de CLA.

Grão de linhaça triturado também liberou o ácido graxo *cis*6-18:2 (ômega 6), com o aumento do mesmo no leite e a presença da monensina preservou-o da biohidrogenação sendo constatada uma maior quantidade do ácido graxo neste tratamento. Pouca liberação de gordura pode ter ocorrido com o fornecimento de grão de linhaça inteiro, uma vez que o principal ácido graxo presente nesta oleaginosa (*cis*3-18:3 – ômega 3) teve baixa concentração no leite dos animais que receberam este

tratamento. Porém, aumentos na concentração de ácidos graxos ômega 6 e 3, como observado neste trabalho são muito benéficos, pois estão associados com redução do risco de doenças cardiovasculares (Sangiovani et al., 2000; Bucher et al., 2002; Lorigeril & Salen, 2002).

Cavalieri et al. (2005) também reportaram aumento de *trans*11-18:1 e CLA quando uma fonte com liberação mais rápida de gordura (LAC 100[®]) foi fornecida em comparação ao fornecimento de grão de linhaça inteiro.

Segundo Kennelly (1996) o fornecimento de grão de linhaça amassado aumentou as concentrações de *cis*9-C18:1, 18:1 total, 18:2 e 18:3 sugerindo que o processamento do grão amplifica o efeito da linhaça na composição de ácidos graxos no leite. O autor ainda relata que amassando a linhaça era esperado aumentar a oportunidade a biohidrogenação no rúmen e a digestibilidade intestinal da gordura da linhaça. Isso corrobora com os dados do presente trabalho, sendo observado que grãos de linhaça triturados proporcionam uma maior absorção intestinal de ácidos graxos poliinsaturados, sendo estes direcionados a incorporação ao leite, conforme observado na Tabela 5.

Como resultado da maior disponibilidade de ácidos graxos poliinsaturados proporcionados pelo tratamento grão de linhaça triturado, houve uma maior incorporação dos mesmos no leite dos animais alimentados com este tratamento. Em adição, o fornecimento de grão de linhaça inteiro, que não teve a digestibilidade da fibra reduzida, pode ter resultado em maior quantidade de acetato disponível para a síntese de ácidos graxos saturados de cadeia curta na glândula mamária. Isso pode ser comprovado analisando a percentagem dos ácidos graxos individuais (Tabela 4). Numericamente, 18:0 foi maior para grão de linhaça triturado, todavia, a maioria dos ácidos graxos saturados de cadeia menor foi, numericamente maior para grão de linhaça inteiro.

TABELA 5 - Concentrações e razões de ácidos graxos agrupados no leite de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 5 - Fatty acid concentrations and rate in milk of Holstein cows fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos					Probabilidade		
	<i>Treatments</i>					<i>Probability</i>		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM	EP	Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	<i>WFCO</i>	<i>WFMO</i>	<i>GFCO</i>	<i>GFMO</i>	<i>SE</i>	<i>Flaxseed</i>	<i>Monensin</i>	<i>Flaxseed x monensin</i>
AGM (MUFA) ^c	33,2	32,8	33,2	35,2	0,9	0,19	0,37	0,17
AGP (PUFA) ^d	3,1	3,4	3,8	4,1	0,2	0,001	0,12	0,84
AGS (SFA) ^e	59,1	58,6	58,2	53,9	1,1	0,02	0,04	0,10
AGP/AGS (PUFA/SFA)	0,053	0,060	0,066	0,079	0,004	0,002	0,05	0,57
Ômega 3	0,80	0,79	1,20	0,94	0,1	0,003	0,10	0,11
Ômega 6	1,84	2,03	2,04	2,20	0,1	0,07	0,09	0,92
Ômega 6/Ômega 3	2,4	2,7	1,8	2,4	0,1	0,007	0,008	0,37

^aMédia dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

^cAGM= Ácidos graxos monoinsaturados (*MUFA = monounsaturated fatty acids*).

^dAGP= Ácidos graxos poliinsaturados (*PUFA = polyunsaturated fatty acids*).

^eAGS= Ácidos graxos saturados (*SFA = saturated fatty acids*).

Apesar da falta de diferença significativa (com exceção de 16:0 e 17:0), um efeito aditivo resultou em significância para a soma total dos ácidos graxos saturados, comprovado também pela maior relação Ácidos Graxos Polinsaturados/Ácidos Graxos Saturados obtida no tratamento grão de linhaça triturado.

A ausência da monensina na dieta deixou os ácidos graxos poliinsaturados mais suscetíveis a biohidrogenação, o que aumentou a concentração de ácidos graxos saturados neste tratamento. Esta constatação aliada ao efeito de pouca disponibilização de ácidos graxos poliinsaturados pelos grãos de linhaça inteiros provocou uma tendência numérica ($P=0,10$) de inteiração entre os tratamentos, sendo grãos de linhaça inteiros e ausência de monensina sódica o tratamento com mais AGS (59,1%).

Em consequência, os tratamentos com grãos de linhaça triturados e monensina tiveram as maiores razões poliinsaturados/saturados. Novamente, pela maior liberação de gordura do grão de linhaça triturado, uma maior incorporação de ácidos graxos ômega 3 foi conseguida com este tratamento. Porém, Petit (2002) obteve maior incorporação dos mesmos ácidos graxos com grão de linhaça inteiro comparado ao fornecimento de Megalac ou soja micronizada, uma vez que, dos tratamentos testados, a linhaça é a que mais contém ácidos graxos ômega 3. Segundo este mesmo autor, o fornecimento de grão de linhaça resulta na mais baixa razão ômega6/ômega3 no leite, que deve ser menor que 4/1 (Sim, 1998), o qual melhora a qualidade nutritiva deste alimento do ponto de vista da saúde humana.

A ausência de monensina tendeu a aumentar ($P=0,10$) a concentração de ômega 3, uma vez que os ácidos graxos pertencentes a este grupo (*cis*3-18:3, *cis*3-20:5 e *cis*3-22:6) numericamente tiveram seus valores maiores para este tratamento. A quantidade de ômega 6 apresentou tendência numérica maior para os tratamentos grão de linhaça

triturado ($P=0,07$) e monensina ($P=0,09$) pela maior liberação deste grupo de ácido graxo pela trituração e preservação da biohidrogenação pela monensina.

No presente experimento, as razões ω_6/ω_3 foram satisfatórias de acordo com as recomendações de Sim (1998) em todos os tratamentos, porém, a melhor razão (2,2) foi observada para grão de linhaça triturado e também para a ausência de monensina, já que esta última apresentou menor concentração de *cis6* 18:2, ácido graxo de maior concentração nas dietas que pode ter sofrido mais ação da biohidrogenação. Ainda, razão muito baixa foi observada no tratamento grão de linhaça triturado sem monensina (1,8). Cavalieri (2003) obteve razão ω_6/ω_3 de 3,54 ao fornecer linhaça em grãos para vacas em lactação, razão esta maior do que as médias do presente experimento.

Os parâmetros sanguíneos glicose, triglicerídeos, colesterol total, HDL e VLDL não foram diferentes ($P>0,05$) para os tratamentos estudados (Tabela 6).

Somente para o tratamento com monensina sódica observou-se maior concentração de LDL que, segundo Tanaka (2005) está associado com o consumo de ácidos graxos saturados, sendo um grande fator de risco para doenças coronarianas. O presente experimento contraria esta afirmação, uma vez que, em teoria, o fornecimento de monensina tende a preservar ácidos graxos poliinsaturados e evitar que os mesmos tornem-se saturados no rúmen. Relacionado a isso, Silva et al. (2005) relataram menores concentrações de HDL, LDL e colesterol total para animais alimentados com linhaça em grão quando comparados aos animais alimentados com LAC 100[®] devido a maior liberação de gordura no rúmen por LAC 100[®], ocorrendo mais biohidrogenação ruminal.

TABELA 6 - Metabólitos sangüíneos de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 6 - Blood Concentration of Metabolic of Holstein cows fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos					Probabilidade		
	Treatments					Probability		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM	EP	Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	WFCO	WFMO	GFCO	GFMO	SE	Flaxseed	Monensin	Flaxseed x monensin
Glicose mg/dL <i>Glucose mg/dL</i>	53,63	67,13	62,38	64,88	4,45	0,47	0,09	0,23
Triglicerídeos mg/dL <i>Tryglicerides mg/dL</i>	12,50	15,00	13,25	15,38	1,45	0,70	0,13	0,90
Colesterol mg/dL <i>Cholesterol mg/dL</i>	119,50	140,00	142,38	157,88	16,19	0,22	0,28	0,88
HDL mg/dL (<i>HDL mg/dL</i>) ^b	99,00	110,63	119,63	129,00	13,27	0,16	0,44	0,93
LDL mg/dL (<i>LDL mg/dL</i>)	18,00	26,38	20,10	25,85	3,16	0,81	0,04	0,68
VLDL mg/dL (<i>VLDL mg/dL</i>)	2,50	3,00	2,65	3,05	0,29	0,73	0,14	0,87

^aMédia dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

^bHDL= lipoproteínas de alta densidade (*HDL= high density lipoproteins*), LDL= lipoproteínas de baixa densidade (*LDL= low density lipoproteins*), VLDL= lipoproteínas de muito baixa densidade (*VLDL= very low density lipoproteins*).

Em adição, o aumento de ácidos graxos poliinsaturados na dieta aumenta a síntese de receptores de LDL e diminuem a concentração circulante de LDL (Marzzoco & Bayardo, 1999). Ao contrário dos valores do presente trabalho, Petit (2002) não relatou diferença na concentração de LDL fornecendo Megalac[®], soja micronizada e grãos de linhaça para vacas em lactação. Porém, observou um aumento do colesterol total sanguíneo para as vacas que receberam Megalac[®] (319 mg/100 ml) comparadas àquelas que receberam linhaça em grão (246 mg/100 ml). As concentrações de HDL foram maiores para os tratamentos Megalac[®] e soja micronizada do que linhaça em grão.

Uma possível explicação para o aumento de LDL no tratamento com monensina sódica, apesar da maioria da literatura apresentar teorias que contrariam este efeito (Marzzoco & Bayardo, 1999; Tanaka, 2005), pode estar relacionada com o efeito da monensina no metabolismo do propionato e acetato. Segundo Nagajara et al. (1997) o fornecimento de monensina altera a fermentação ruminal com aumento da proporção molar de propionato e diminuição da proporção molar de acetato. Isto influencia uma gama de mecanismos que, segundo Van Soest (1994) diminuem a eficiência da lactação desviando a energia disponível para a produção de leite em direção a lipogênese nos tecidos, comprovado por alta eficiência em engordar. De fato, neste experimento os animais que receberam monensina sódica tiveram um ganho médio diário de 150 g/dia contra um ganho de -134 g/dia dos animais que não receberam monensina. Estando então a energia, na forma de triglicérides e acetato, desviada da glândula, essas moléculas podem ter ficado circulantes na corrente sanguínea disponíveis para a lipogênese nos tecidos, além do acetato desviado poder ser usado para síntese de colesterol no fígado. Todo este quadro pode ter resultado em uma maior quantidade de LDL circulante, além da constatação de que os outros metabólitos (triglicérides,

colesterol total, HDL e VLDL) foram numericamente maiores para o tratamento com monensina. Uma outra comprovação da atuação da monensina é o fato da sua presença tender numericamente ($P=0,09$) a aumentar a glicose sangüínea, novamente provando seu efeito positivo no metabolismo do propionato que é precursor da glicose.

4. Conclusões

Vacas alimentadas com grão de linhaça inteiro ou triturado com ou sem monensina sódica tem igual consumo de MS. Porém, grão de linhaça triturado melhora a digestibilidade do EE e da PB e piora a da FDA. A produção de leite corrigida e a percentagem de gordura no leite são diminuídas com monensina, além de diminuir a quantidade de ácidos graxos saturados no leite. Grão de linhaça triturado produz maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados e ômega 3 no leite. Todavia, este tratamento propicia maiores níveis de N-uréico no leite. O fornecimento de grão de linhaça triturado ou a ausência de monensina apresentam melhores razões ômega6/ômega3. A presença de monensina, porém, aumenta o LDL circulante. Grão de linhaça triturado apresenta-se mais satisfatória do que grão de linhaça inteiro na maioria dos parâmetros avaliados.

5. Literatura citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - **A.O.A.C. Official Methods of Analysis**. 1978. 14 ed. Washington, 1984. 1041 p.
- BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3864-3881, 1993.
- 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. **American Journal of Physiology**, v.278, p.R179-R184, 2000.
- BUCHER, H.C.; HENGSTLER, P.; SCHINDLER, C. et al. Reviews: n-3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. **The American Journal of Medicine**, v.112, n.4, p.298-304, 2002.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Lipids in ruminant nutrition. In: CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition**. 2.ed. New Jersey: Waveland Press, 1993. p.298-312.
- CANT, J. P. ; FREDEEN, A. H. ; MACINTYRE, T., et al. Effect of fish oil and monensin on milk composition in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, n.1, p.125–131, 1997.
- CAVALIERI, F.L.B. **Lipídeos dietéticos na produção de embriões, na composição do leite e no perfil metabólicos de vacas da raça Holandesa**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2003.
- CAVALIERI, F.L.B.; SANTOS, G.T.; MATSUSHITA, M. et al. Short Communication : Milk production and milk composition of dairy cows fed Lac100® or whole flaxseed. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, n.3 , p413-416, 2005.
- DETMANN, E., CECON, P.R., PAULINO, M.F. et al. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.222-230, 2001.
- DHIMAN, T. R.; SATTER, L. D.; PARIZA, M. W., et al. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1016–1027, 2000.
- DUNHAM, J.R. Milk Urea Nitrogen: a nutritional management tool. In: **Dairy Day Kansas 1996**, Kansas. Anais... Kansas: Kansas State University, 1996. p.64.
- EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LEÃO, M.I.; et al. Efeito da Combinação de Óleo de Soja e Monensina na Dieta sobre o Consumo de Matéria Seca e a Digestão em Vacas Lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.297-308, 2005.
- FELLNER V.; SAUER F.D.; KRAMER, J.K.G. Effect of Nigericin, Monensin, and Tetronasin on Biohydrogenation in Continuous Flow-Through Ruminant Fermenters. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.5, p.921–928, 1997.
- GRAVERT, H.O. Breeding of dairy cattle. In: **Dairy cattle production**. New York: Elsevier Science, 1987. p.35-76.

- GRUMMER, R.R.; CARROL, D.J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3838-3852, 1991.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. 2.ed. Blackie Academic & Professional: Great Britain, 1997. p.382-426.
- HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Kinetic model of rumen biohydrogenation: fractional rates of fatty acid biohydrogenation and passage. **Journal of Animal and Feed Science**, v.13 (Suppl. 1), p.87-90. 2004.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION**. ISO. Animal and vegetable fats and oils – Preparation of methyl esters of fatty acids. Method ISO 5509. Geneva: 1978. p.1-6.
- ÍTAVO, L.C.V., SANTOS, G.T., JOBIM, C.C., VOLTOLINI, T.V., FERREIRA, C.C.B. Substituição da silagem de milho pela silagem do bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras. Consumo, produção e qualidade do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.5, p. 14989-1503, 2000.
- JENKIS, T.C., JENNY, B.F. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactation performance of dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2316, 1989.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.
- KENNELLY, J.J.; KHORASANI, R.G. Influence of flaxseed feeding on the fatty acid composition of cow's milk. In: CARTER, J. F. **Flax Institute Conference**, 54., 1992, Fargo. Proceedings... Fargo: North Dakota State University, 1992. p.99.
- KENNELLY, J.J. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, p.137-152, 1996.
- LORGERIL, M. De; SALEN, P. Fish and n-3 fatty acids for the prevention and treatment of coronary heart disease: nutrition is not pharmacology. **The American Journal of Medicine**, v.112, n.4, p.316-319, 2002.
- MARSH, W.H.; FINGERHUT, B.; MILLER, H. Automated and manual direct methods for the determination of blood urea. **Clinical Chemistry**, v.11, n.6, p.624-627, 1965.
- MARZZOCO, A., BAYARDO, B. **Bioquímica básica**. 2.ed. Quanaabara – Koogan, 1999. 360p.
- MURPHY, J.J.; CONNOLLY, J.F.; McNEILL, G.P. Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapeseed and maize distillers grains on grass-silage based diets. **Production Science**, v.44, p.1-11, 1995.
- NAGAJARA, T. G., NEWBOLD, C. J., VAN NEVEL, C. J., et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: ROBSON, P. N., STEWART, C. S. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem**. 2.ed. Blackie Academic & Professional: Great Britain, 1997. p.523 - 632.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy of Science, 2001. 254 p.

- PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídios para vacas em lactação. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES**, 6., 1989, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 1989. p.11.
- PETIT, H.V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n.6, p.1482-1490, 2002.
- SANGIOVANNI, J.P.; BERKEY, C.S.; DWYER, J.T. et al. Review Dietary essential fatty acids, long-chain polyunsaturated fatty acids, and visual resolution acuity in healthy fullterm infants: a systematic. **Early Human Development**, v.57, n.3, p.165-188, 2000.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, D.C.; CAVALIERI, F.L.B.; SANTOS, G.T. et al. Fontes de gordura na dieta sobre a digestibilidade e concentrações sanguíneas de alguns metabólitos em vacas da raça holandesa. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 42., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia [2005]. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- SIM, J.S. Designer eggs and their nutritional and functional significance. **World Review of Nutrition Dietetics**, v.23, p.89-101. 1998.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al., A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577. 1992.
- STEWART, C.S.; FLINT, H.J.; BRYANT, M.P. the rumen bacteria. In: ROBSON, P. N., STEWART, C. S. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem**. 2.ed. Blackie Academic & Professional: Great Britain, 1997. p.10 - 72.
- TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. **Animal Science Journal**, v.76, p.291-303, 2005.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3598, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.
- WANG, J.H.; ZHU, B.W.; SONG, M.K. et al. Effect of monensin, fish oil or their combination on in vitro fermentation and conjugated linoleic acid (CLA) production by ruminal bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.4, p.341-349, 2005.
- WARD, A.T.; WITTENBERG, K.M.; PRZYBYISKI, R. Bovine milk fatty profile produced by feeding diets containing solin, flax and canola. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1191-1196, 2002.
- WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS**, 61., 1999, **Proceedings**... Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.
- WHIGHAM, L.D.; MARK, E.; COOK, B. et al. Conjugated linoleic acid: implications for human health. **Pharmacological Research**, v.42, n.6, p.503-510, 2000.

CAPÍTULO III

Perfil de Ácidos Graxos da Manteiga de Vacas da Raça Holandesa Alimentadas com Grãos de Linhaça Inteiros ou Triturados com ou sem Monensina Sódica

Resumo: Com o objetivo de avaliar o perfil de ácidos graxos da manteiga produzida, oito vacas em lactação foram distribuídas em um delineamento em quadrado latino recebendo os tratamentos: grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LIMO), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) e grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTMO). O fornecimento de grãos de linhaça triturados proporcionou um enriquecimento da manteiga produzida com CLA (56,3%), ácido graxos poliinsaturados (16,9%) e ômega 3 (26,7%). Além disso, este tratamento melhorou a razão ω_6/ω_3 em relação ao fornecimento de grãos de linhaça inteiros (1,67 vs 2,06). A presença de monensina sódica na dieta também incrementou a manteiga com CLA (56,3%) e diminuiu a quantidade de ácidos graxos saturados (4,7%). Por outro lado, a ausência de monensina na dieta aumentou a concentração de ômega 3 e melhorou a razão ω_6/ω_3 da manteiga (1,75 vs 1,98).

Palavras-chave: ácidos graxos poliinsaturados, ácido linoléico conjugado, ionóforo, ômega 3, produção animal

Butter quality of Holstein Cows Fed Whole or Ground Flaxseed with or without Monensin

Abstract: It was aimed to evaluate butter fatty acid profile of 8 lactation cows, which were assigned in a latin square design. The treatments were: whole flaxseed without monensin (WFNM), whole flaxseed with monensin (WFWM), ground flaxseed without monensin (GFNM) and ground flaxseed with monensin (GFWM). Feeding ground flaxseed increased CLA (56.3%), PUFA (16.9%), omega-3 (26.7%) and also improved omega-6/omega-3 ratio once compared to feeding whole flaxseed (1.67 vs 2.06). Monensin also promoted greater CLA (56.3%) in butter and a decrease in saturated fatty acids (4.7%) and omega-3, damaging omega-6/omega-3 ratio (1,75 vs 1,98).

Key-words: animal production, CLA, ionophore, omega 3, PUFA

1. Introdução

Componentes naturais em alimentos com propriedades anticarcinogênicas são focos de pesquisas na estratégia de prevenção do câncer (Ip et al., 1999; Tanaka, 2005), sendo a maioria destes componentes originada de plantas. Uma exceção é o ácido linoléico conjugado (CLA), um ácido graxo que está presente em altas concentrações na gordura do leite (Parodi, 1994).

Além do CLA, ácidos graxos poliinsaturados também possuem propriedades nutracêuticas, como é o caso do ômega 3, associado à redução do risco de doenças cardiovasculares dentre vários outros benefícios à saúde humana (Lorgeril & Salen, 2002). Além disso, ômega 3 (ácido linolênico- *cis*9, *cis*12, *cis*15-C18:3) é precursor da síntese do ácido linoléico conjugado (CLA) durante a biohidrogenação ruminal (Harfoot & Hazlewood, 1997), ato de defesa natural dos microrganismos do rúmen, contra as gorduras insaturadas que lhes são tóxicas (Jenkins, 1993).

A linhaça é uma oleaginosa rica em ácido graxo ômega 3 (53% do total de ácidos graxos) (NRC, 2001) e tem 32% de gordura com 60% dos ácidos graxos considerados poliinsaturados (Ward et al., 2002). Na forma de grão, estaria protegida da biohidrogenação da sua gordura, podendo ser fornecido para dietas de vacas leiteiras objetivando um aumento deste ácido graxo na gordura do leite (Cavalieri, 2003) e, conseqüentemente, em seus derivados ou triturada poderia expor seus ácidos graxos poliinsaturados à biohidrogenação para a produção de CLA. Além disso, monensina sódica, o ionóforo mais utilizado na alimentação animal (Pressman, 1976) também pode ser usada de forma a prevenir a biohidrogenação da gordura (Fellner et al., 1997; Jenkins et al., 2003), pois *Butyrivibrio fibrisolvens*, uma bactéria envolvida neste processo tem seu crescimento inibido pela monensina (Fellner et al., 1997).

Muitos estudos avaliando a manipulação da dieta têm sido reportados na literatura com o objetivo de enriquecer a manteiga com CLA, ácidos graxos poliinsaturados e ômega 3 (Stageman et al., 1992; Chouinard et al., 1998; Bauman et al., 2000; Bayourthe et al., 2000; Baer et al., 2001; Ramaswamy et al., 2001; González et al., 2003). Estas pesquisas têm mostrado que aumento na concentração de ácidos graxos insaturados na gordura do leite resulta em uma manteiga mais macia e “espalhável” sob temperatura de refrigeração, mas mantém todos os atributos de qualidade de uma manteiga normal, pois em temperatura ambiente (25°C), os ácidos graxos saturados de 12 a 24 carbonos têm consistência serosa, enquanto os ácidos insaturados do mesmo comprimento são líquidos oleosos (Nelson & Cox, 2002).

Uma outra peculiaridade positiva da manteiga se refere a sua composição em ácidos graxos *trans* devido à biohidrogenação ruminal, que havia sido relatada como negativa para a saúde humana, porém, segundo Kennelly (1996) recentes estudos evidenciam que ácidos graxos *trans* produzidos no rúmen podem não ter as mesmas características negativas daqueles produzidos em produtos comerciais como a margarina.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de ácidos graxos da manteiga produzida com a gordura do leite proveniente de vacas alimentadas com grãos de linhaça inteiros ou triturados com ou sem monensina sódica.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 2005 no setor de Bovinocultura de leite da Fazenda Experimental de Iguatemi situada na região Noroeste do Paraná, pertencente à Universidade Estadual de Maringá. Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa, multíparas, com 60 ± 20 dias de lactação, peso médio de

570 ± 43 kg. Esses animais foram distribuídos em um duplo quadrado latino de quatro períodos de 21 dias cada, sendo 14 dias para adaptação e 7 dias para coleta.

Foram estudados os seguintes tratamentos: Grãos de Linhaça inteiros; Grãos de Linhaça inteiros + monensina sódica; Grãos de Linhaça triturados e Grãos de Linhaça triturados + monensina sódica.

A relação volumoso:concentrado foi 60:40, sendo o balanceamento das rações feito de forma a obter uma dieta isoprotéica, isoenergética e isolipídica, com base no extrato etéreo, atendendo as exigências das vacas em lactação conforme preconizado pelo NRC (2001) e exposto na Tabela 1.

A porcentagem de NDT dos tratamentos, utilizando-se dos dados de digestibilidade dos nutrientes que constam no capítulo II, foi determinada pela equação descrita por Weiss (1999):

$$\%NDT = \%PBD + \%FDND + \%CNED + \%(EED \times 2,25)$$

onde:

NDT = nutrientes digestíveis totais; PBD = proteína bruta digestível; FDND = fibra em detergente neutro digestível; CNED = carboidratos não estruturais digestíveis e EED = extrato etéreo digestível.

sendo:

$$CNE = 100 - (PB + FDN + EE + Cinzas) \text{ (Sniffen et al., 1992).}$$

Para a fabricação da manteiga, no décimo sexto dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de 10 litros de leite compostas proporcionalmente pela produção da manhã e da tarde de cada animal.

O leite permaneceu armazenado a 4°C por 24 h para precipitação do creme (gordura), que, após este tempo foi retirado com peneira de náilon e armazenado em potes plásticos.

TABELA 1 – Composição percentual e química (% da MS) das dietas experimentais: grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM).

TABLE 1 - Percentual and Chemical composition (% of DM) of experimental diets: whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO).

Alimentos <i>Feed ingredients</i>	Tratamentos (<i>Treatments</i>)			
	LISM <i>WFCO</i>	LICM <i>WFMO</i>	LTSM <i>GFCO</i>	LTCM <i>GFMO</i>
Silagem de milho (<i>Corn silage</i>)	60	60	60	60
Milho moído (<i>Ground corn</i>)	8,8	8,8	8,8	8,8
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	17,7	17,7	17,7	17,7
Suplemento mineral vitamínico* <i>Mineral and vitamin supplement</i>	1,5	1,48	1,5	1,48
Monensina (<i>Monensin</i>)	-	0,02	-	0,02
Grão de linhaça inteiro <i>Whole flaxseed</i>	12,0	12,0	-	-
Grão de linhaça triturado <i>Ground flaxseed</i>	-	-	12,0	12,0
Composição química (<i>Chemical Composition</i>)				
NDT % (<i>TDN %</i>) ^a	63,3	64,1	64,6	65,6
ELL mcal/kg (<i>NEL mcal/Kg</i>) ^b	1,43	1,45	1,46	1,49
MS % (<i>DM %</i>) ^c	54,01	53,98	53,97	53,94
MO % (<i>OM %</i>)	94,32	94,51	94,35	94,53
PB % (<i>CP %</i>)	16,24	16,20	16,16	16,12
EE % (<i>EE %</i>)	5,94	5,89	5,95	5,89
FDN % (<i>NDF %</i>)	41,88	41,31	41,86	41,28
FDA % (<i>ADF %</i>)	23,77	23,86	23,89	23,99
CNE % (<i>NEC %</i>)	30,26	31,12	30,37	31,23
Cinzas % (<i>Ash %</i>)	5,68	5,49	5,65	5,47
Ca % (<i>Ca %</i>)	0,66	0,60	0,65	0,60
P % (<i>P %</i>)	0,36	0,37	0,36	0,37
16:0 ^d	15,21	15,25	15,22	15,26
18:0	3,02	2,99	3,01	2,99
<i>cis</i> 9-18:1	26,24	26,39	26,25	26,40
<i>cis</i> 6-18:2	39,64	40,15	39,63	40,14
<i>cis</i> 3-18:3	11,75	11,05	11,71	11,01

* Ca : 270g/kg, P : 80g/kg, S : 20g/kg, Mg : 15g/kg, Fe : 2200mg/kg, Cu: 800mg/kg, Co: 50mg/kg, I: 60mg/kg, Se: 40mg/kg, Zn: 2800mg/kg, F: 801mg/kg, Vit. A: 216000 U.I./kg, Vit. D: 67600 U.I./kg, Vit. E : 500mg/kg.

^a NDT= Nutrientes digestíveis totais (*TDN= total digestibles nutrients*). %NDT = %PBD + %FDND + %CNED + %(EEDx 2,25) Weiss (1999).

^b ELL= Energia líquida de lactação estimada através da equação: ELL (mcal/kg) = 0,0245 x %NDT – 0,12 (NRC, 2001) (*NEL= Net energy lactation estimated by equation: NEL (mcal/kg) = 0,0245 x %TDN – 0,12 (NRC, 2001)*).

^c MS= Matéria seca (*DM= dry matter*), PB= proteína bruta (*CP= cruden protein*), EE= extrato etéreo (*EE= ether extract*), FDN= fibra em detergente neutro (*NDF= neutral detergent fiber*), FDA= fibra em detergente ácido (*ADF= acid detergent fiber*), CNE= Carboidratos não-estruturais, CNE= 100 – (PB+EE+FDN+Cinzas) (*NEC= non-estructural carbohydrates*)

^d % do total de ácidos graxos (*% of total fatty acids*).

O creme foi imediatamente pasteurizado a 75°C por 30 minutos e em seguida, rapidamente resfriado a 4°C e mantido a esta temperatura durante 20h. Após isto, o creme foi batido em batedeira até a separação da gordura e do leite formando então a manteiga.

Uma alíquota da manteiga obtida foi utilizada para determinação imediata do pH, com o uso de pHmetro, e da matéria seca (Silva & Queiroz, 2002) e outra mantida a 4°C para posterior análise de gordura total e perfil de ácidos graxos.

A gordura total foi determinada através do método descrito por Bligh & Dyer (1959) e para a análise de perfil de ácidos graxos, a gordura extraída da manteiga foi esterificada conforme método 5509 da ISO (1978), utilizando KOH/metanol e n-heptano.

Os ésteres de ácidos graxos foram analisados através de cromatografia gasosa (Cromatógrafo Varian) com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,20 µm de Carbovac 20M). O fluxo de gases será de 1,2 mL/min de H₂ (gás de arraste), 32 mL/min para N₂ (gás auxiliar) e 30 e 300 mL/min, respectivamente, para o H₂ e ar sintético (gases para chama). A temperatura inicial da coluna foi estabelecida em 65°C, mantida por 8 min., elevada até 170°C a uma taxa de 5°C/min, mantida por 40 minutos, chegando a 240°C de temperatura final, sendo elevada a uma taxa de 5°C/min e mantida por 28,5 minutos. A quantificação dos ácidos graxos da amostra foi feita através da comparação com o tempo de retenção de padrões (SIGMA) e as concentrações através do Integrador-Processador CG-300.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o procedimento MIXED do SAS com um arranjo dos tratamentos em fatorial 2 x 2. Os dados foram analisados usando um delineamento de duplo quadrado latino 4 x 4.

A soma dos tratamentos dos quadrados latinos foi fracionada para fornecer os contrastes ortogonais e comparadas: grãos de linhaça inteiros x grãos de linhaça triturados, grãos de linhaça com monensina x grãos de linhaça sem monensina e interação entre grãos de linhaça e monensina. Teste de Tukey de comparação múltipla foi aplicado para separar as médias quando havia interação significativa ($P < 0,05$).

3. Resultados e discussão

Na Tabela 2 encontram-se as concentrações de ácidos graxos para os tratamentos avaliados.

Os ácidos graxos 16:0, *cis*7-16:1, 17:0, *cis*10-17:1 e *cis*6-20:4 tiveram maiores concentrações para o tratamento grãos de linhaça inteiros. Já *trans*11-18:1, CLA e *cis*3-18:3 apareceram em maiores quantidades no tratamento grãos de linhaça triturados. Nota-se uma tendência de mais ácidos graxos de cadeia longa na manteiga de animais alimentados com grãos de linhaça triturados, podendo ser devido a maior liberação dos ácidos graxos presentes nesta oleaginosa proporcionada pela trituração. Além disso, os ácidos graxos poliinsaturados presentes no grão de linhaça, ao serem liberados pela trituração, parte sofreu biohidrogenação parcial no rúmen constatado pelo aumento de intermediários deste processo (*trans*11-18:1, CLA) na manteiga, mas também houve escape de *cis*3-18:3 que foi aumentado na manteiga. Isto mostra que os intermediários (*trans*11-18:1 e CLA) que escapam completamente da biohidrogenação ruminal são absorvidos pelo trato digestivo, e transportados para a glândula mamária via circulação (Tanaka, 2005).

Bauman et al. (2000) relataram aumentos em *trans* 18:1 (todos os isômeros) e CLA (todos os isômeros) na manteiga quando óleo de girassol foi fornecido as vacas em lactação comparado à dieta controle.

TABELA 2 - Concentrações de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) na manteiga de vacas da raça Holandesa (percentagem do total de ácidos graxos) alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a
 TABLE 2 - Fatty acid concentrations in butter of Holstein cows (percentage of total fatty acids) fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos					Probabilidade		
	<i>Treatment</i>					<i>Probability</i>		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM	EP	Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	<i>WFCO</i>	<i>WFMO</i>	<i>GFCO</i>	<i>GFMO</i>	<i>SE</i>	<i>Flaxseed</i>	<i>Monensin</i>	<i>Flaxseed x monensin</i>
06:0	0,56	0,48	0,47	0,54	0,1	0,88	0,92	0,50
08:0	0,56	0,47	0,49	0,53	0,07	0,96	0,76	0,37
10:0	1,78	1,55	1,66	1,70	0,1	0,91	0,52	0,35
11:0	0,04	0,04	0,04	0,04	0,004	0,95	0,47	0,90
12:0	2,51	2,20	2,37	2,32	0,1	0,94	0,20	0,36
13:0	0,09	0,09	0,08	0,09	0,005	0,53	0,55	0,94
14:0	9,80	9,16	9,59	9,33	0,3	0,94	0,17	0,56
<i>cis</i> 10-15:1	0,89	0,96	0,85	0,89	0,03	0,11	0,13	0,74
16:0	26,93	26,70	25,32	24,46	0,7	0,01	0,44	0,65
<i>iso</i> 16:0	0,21	0,18	0,18	0,19	0,01	0,54	0,55	0,29
<i>cis</i> 9-16:1	0,19	0,21	0,19	0,22	0,01	0,68	0,04	0,86
<i>cis</i> 7-16:1	1,53	1,52	1,31	1,41	0,1	0,03	0,56	0,49
17:0	0,48	0,52	0,44	0,45	0,01	0,0002	0,02	0,18
<i>iso</i> 17:0	0,57	0,58	0,51	0,58	0,02	0,21	0,09	0,23
<i>cis</i> 10-17:1	0,24	0,25	0,19	0,18	0,02	0,005	0,93	0,69
18:0	16,89	16,67	18,32	15,63	0,7	0,79	0,05	0,10
<i>trans</i> 11-18:1	1,31	1,55	1,63	3,08	0,1	0,0001	0,0001	0,0001
<i>cis</i> 9-18:1	27,44	27,66	27,44	27,15	0,7	0,73	0,95	0,73
<i>cis</i> 6-18:2	1,59	1,80	1,68	1,80	0,1	0,75	0,26	0,77
<i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11-18:2	0,42	0,54	0,54	0,95	0,1	0,01	0,01	0,15
<i>cis</i> 3-18:3	0,75	0,79	1,13	0,89	0,07	0,002	0,17	0,05
<i>cis</i> 6-20:4	0,11	0,10	0,09	0,09	0,006	0,05	0,48	0,78
<i>cis</i> 3-20:5	0,06	0,06	0,06	0,06	0,006	0,48	0,53	0,78
<i>cis</i> 6-22:4	0,03	0,03	0,03	0,02	0,002	0,14	0,97	0,60
<i>cis</i> 3-22:6	0,06	0,06	0,07	0,06	0,004	0,76	0,67	0,40
Não identificado								
<i>Unidentified</i>	4,96	5,81	5,32	7,33	0,52	0,08	0,01	0,28

^aMédia dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

Como *trans*11-18:1 e *cis*⁹,*trans*11-18:2 são os principais isômeros daqueles grupos relatados por Bauman et al. (2000) e estes foram aumentados quando grãos de linhaça triturados foram fornecidos, há uma semelhança destes dados com os do presente experimento em relação ao aumento destes ácidos graxos quando fonte de gordura prontamente disponível no rúmen é utilizada.

Interação significativa foi observada para *trans*11-18:1 quando grãos de linhaça triturados e monensina foram fornecidos, comprovando que biohidrogenação incompleta pode ocorrer na presença de monensina, uma vez que analisada individualmente, esta também proporcionou maiores concentrações de *trans*11-18:1. De fato, ao fornecer monensina a biohidrogenação ocorre, porém, de forma incompleta tendo a produção de intermediários deste processo, como evidenciado por Fellner et al. (1997) que relataram diminuição da taxa de biohidrogenação do ácido linoléico, resultando em menor quantidade de ácido esteárico e maior taxa de ácido oléico proporcionado pela ação de ionóforos (nigericina, monensina, valinomicina e tetronasina) em estudos *in vitro*. A atuação da monensina sobre a biohidrogenação ficou mais enfatizada ainda pela diminuição de 18:0 presente na manteiga de animais alimentados com este ionóforo.

O aumento de CLA proporcionado tanto pelo tratamento grãos de linhaça triturados como para o fornecimento de monensina é bastante vantajoso, uma vez que Ip et al. (1999) demonstraram que a incidência de tumor mamário foi reduzida em 50% em ratos recebendo manteiga enriquecida com CLA.

Augusta & Santana (1998) avaliaram manteigas comercializadas no Estado do Rio de Janeiro e relataram menores concentrações de *cis*3-18:3 (média de 0,5%) em relação a este experimento (média de 0,89%). As manteigas analisadas por Augusta & Santana (1998) são, provavelmente, provenientes de rebanhos comerciais alimentados

com dietas comuns (milho, farelo de soja, silagem de milho, pastagem) diferentemente da dieta do presente experimento, rica em ácidos graxos poliinsaturados (grãos de linhaça) que proporcionaram maiores valores de *cis*3-18:3 na manteiga produzida.

Na Tabela 3 observa-se uma maior produção de AGP (ácidos graxos poliinsaturados) pelo tratamento grão de linhaça triturado e menor de AGS (ácidos graxos saturados) para a monensina, fatos estes devido a maior liberação de AGP proporcionada pela trituração dos grãos de linhaça e pela diminuição da biohidrogenação na presença da monensina. Porém, isso não foi suficiente para resultar em significância na razão AGP/AGS, apesar de, numericamente haver uma tendência de maior razão para linhaça triturada e monensina. Da mesma forma, a manteiga produzida de vacas recebendo óleo de girassol (fonte de gordura não protegida como grão de linhaça triturado) apresentou maior quantidade de ácidos graxos insaturados em relação à dieta controle em estudo conduzido por Bauman et al. (2000).

Vários autores (Chouinard et al., 1998; Bobe et al., 2003; Gonzalez et al., 2003) relatam que a composição em ácidos graxos pode mudar as características de textura na manteiga produzida, sendo uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados responsável por uma manteiga mais macia e de cor mais clara. Na maioria destes estudos, fontes de gordura ricas em ácidos graxos poliinsaturados são oferecidas aos animais para a produção de manteiga, fato este que se assemelha ao presente trabalho por ter a linhaça 60% dos ácidos graxos considerados poliinsaturados (Ward et al., 2002), sendo grande parte destes incorporados à manteiga por terem sido liberados pela trituração.

A concentração de ômega 3 foi maior para a manteiga de animais alimentados com grãos de linhaça triturados, o que resultou em uma melhor razão ômega6/ômega3 (1,67).

TABELA 3 - Concentrações e razões de ácidos graxos agrupados na manteiga de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 3 - Fatty acid concentrations and rate in butter of Holstein cows fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos				EP	Probabilidade		
	Treatments					Probability		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM		Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	WFCO	WFMO	GFCO	GFMO	SE	Flaxseed	Monensin	Flaxseed x monensin
AGM (MUFA) ^c	31,6	32,2	31,6	32,9	0,8	0,64	0,26	0,63
AGP (PUFA) ^d	3,01	3,39	3,59	3,88	0,22	0,03	0,16	0,86
AGS (SFA) ^e	60,4	58,7	59,5	55,9	1,1	0,10	0,02	0,39
AGP/AGS (PUFA/SFA)	0,050	0,060	0,061	0,072	0,005	0,06	0,08	0,92
Omega 3	0,87	0,92	1,26	1,02	0,06	0,002	0,18	0,04
Omega 6	1,72	1,93	1,80	1,91	0,14	0,84	0,28	0,76
Omega 6/Omega 3	2,02	2,10	1,47	1,86	0,09	0,0005	0,01	0,10

^aMédia dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (Least squares means with pooled standard error (SE)).

^cAGM= Ácidos graxos monoinsaturados (MUFA = monounsaturated fatty acids).

^dAGP= Ácidos graxos poliinsaturados (PUFA = polyunsaturated fatty acids).

^eAGS= Ácidos graxos saturados (SFA = saturated fatty acids).

Além disso, baixa razão ω_6/ω_3 (1,75) observada para a ausência de monensina foi devido ao maior valor numérico de ω_3 e menor de ω_6 que, sendo aditivos provocaram significância na razão. Da mesma forma, Baer et al. (2001) também encontraram maiores valores de CLA, ω_3 e AGP na manteiga de vacas recebendo fonte de gordura processada (óleo de peixe) em relação à dieta controle.

No presente experimento, as razões ω_6/ω_3 foram satisfatórias em todos os tratamentos, pois de acordo com as recomendações de Sim (1998) a mesma deve estar abaixo de 4/1, e a maior razão (2,1/1) deste trabalho, no tratamento grão de linhaça inteiro com monensina, esteve abaixo bem da recomendação limite (4/1).

Na Tabela 4 encontram-se as médias de gordura e MS (%), além de valores de pH da manteiga dos tratamentos avaliados. A média de 65,08% de gordura encontrada foi bem inferior aos valores de Ramaswamy et al. (2001), os quais relataram valores superiores a 80% para manteigas provenientes de vacas alimentadas com uma dieta controle, suplementação com óleo de peixe, soja extrusada ou a combinação dos dois últimos. Relataram que, com soja extrusada apresentou o menor teor de gordura (80,57%) em relação aos demais tratamentos (81,79%). Da mesma forma, Stageman et al. (1992) fornecendo óleo de girassol e dieta controle obtiveram média de 81,2% de gordura na manteiga produzida.

Os maiores valores de gordura (%) encontrados por Ramaswamy et al. (2001) e Stageman et al. (1992) em relação ao presente trabalho podem ser devido a forma de extração da gordura do leite, uma vez que os autores utilizaram desnatadeira mecânica para tal serviço comparada à retirada manual deste experimento.

A MS determinada reflete a umidade presente na manteiga, parâmetro este que está muito acima dos valores recomendados pelo RIISPOA (1980), onde a umidade não deve ultrapassar 16%.

TABELA 4 - Composição e pH da manteiga de vacas da raça Holandesa alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM)^a

TABLE 4 - Butter composition and pH of Holstein cows fed either whole flaxseed without monensin (WFCO), whole flaxseed with monensin (WFMO), ground flaxseed without monensin (GFCO) or ground flaxseed with monensin (GFMO)^a

	Tratamentos				EP	Probabilidade		
	<i>Treatment</i>					<i>Probability</i>		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM		Linhaça	Monensina	Linhaça x Monensina
	<i>WFCO</i>	<i>WFMO</i>	<i>GFCO</i>	<i>GFMO</i>	<i>SE</i>	<i>Flaxseed</i>	<i>Monensin</i>	<i>Flaxseed x monensin</i>
Gordura (%) (<i>Fat (%)</i>)	65,6	64,0	69,0	61,7	3,0	0,85	0,15	0,35
MS (%) (<i>DM (%)</i>) ^b	77,2	78,4	73,8	71,5	1,9	0,01	0,78	0,36
pH	6,37	6,45	6,36	6,54	0,11	0,71	0,22	0,61
logpH	0,803	0,809	0,803	0,815	0,007	0,69	0,23	0,61

^aMédia dos quadrados mínimos com “pool” do erro padrão (EP) (*Least squares means with pooled standard error (SE)*).

^bMS= matéria seca (*DM= dry matter*).

No presente experimento a média de umidade foi 28,4%. Augusta e Santana (1998) avaliando a qualidade da manteiga tipo extra comercializada no Estado do Rio de Janeiro também encontraram teores de umidade acima das exigências do RIISPOA com valores de até 18,4%, porém inferiores aos relatados neste trabalho. O teor de MS inferior para o tratamento grão de linhaça triturado pode ser consequência da maneira artesanal que a manteiga foi produzida, não havendo outras explicações plausíveis para este fato.

Valores de pH não são normalmente mensurados na fabricação de manteiga, o mais comum é a determinação da acidez. Porém, os valores obtidos mostram que o fornecimento de dietas com liberação diferentes formas de apresentação da gordura (grãos de linhaça inteiros ou triturados) com ou sem adição de monensina não alteram este parâmetro.

4. Conclusões

O fornecimento de grão de linhaça triturado para vacas em lactação resulta em enriquecimento da manteiga produzida com CLA, ácido graxos poliinsaturados, ômega 3 e melhor razão ômega6/ômega 3. A presença de monensina sódica na dieta também enriquece a manteiga com CLA e diminui a quantidade de ácidos graxos saturados. Por outro lado, a monensina na dieta diminui a concentração de ômega 3 e piora a razão ômega6/ômega 3 da manteiga.

5. Literatura citada

- AUGUSTA, I.M.; SANTANA, D.M.N. Avaliação da qualidade de manteigas tipo extra comercializadas no Estado do Rio de Janeiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.4, 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120611998000400003&lng=pt&nrm=iso
- BAER, R.J.; RYALI, J.; SCHINGOETHE, D. J. et al. Composition and Properties of Milk and Butter from Cows Fed Fish Oil. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.2, p.345–353, 2001.
- BAUMAN, D.E.; BARBANO, D.M.; DWYER, D.A. et al. Technical note: Production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.11, p.2422-2425, 2000.
- BAYOURTHE, C.; ENJALBERT, F.; MONCOULON, R. Effects of different forms of canola oil fatty acids plus canola meal on milk composition and physical properties of butter. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.4, p.690–696, 2000.
- BLIGH, E. G. & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p. 911-917, 1959.
- BOBE, G.; HAMMOND, E.G.; FREEMAN, A.E. et al. Texture of butter from cows with different milk fatty acid compositions. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.10, p.3122–3127, 2003.
- BRASIL, Leis, decretos, etc. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal** (aprovado pelo Decreto no. 30.691, de 29/03/1952, alterado pelo Decreto Lei no. 1.255, de 25/06/1962). Brasília, Ministério da Agricultura, 1980, p. 97-101.
- CAVALIERI, F.L.B. **Lipídeos dietéticos na produção de embriões, na composição do leite e no perfil metabólicos de vacas da raça Holandesa**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2003.
- CHOUINARD, P.Y.; GIRARD, V.; BRISSON, G.J. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.2, p.471–481, 1998.
- FELLNER V.; SAUER F.D.; KRAMER, J.K.G. Effect of nigericin, monensin, and tetronasin on biohydrogenation in continuous flow-through ruminal fermenters. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.5, p.921–928, 1997.
- GONZALEZ, S.; DUNCAN, S.E.; O'KEEFE, S.F. et al. Oxidation and textural characteristics of butter and ice cream with modified fatty acid profiles. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.1, p.70–77, 2003.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. 2.ed. Blackie Academic & Professional: Great Britain, 1997. p.382-419.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION**. ISO. Animal and vegetable fats and oils – Preparation of methyl esters of fatty acids. Method ISO 5509. Geneve: 1978. p.1-6.

- IP, C.; BANNI, S.; ANGIONI, E. Et al. Conjugated linoleic acid enriched butter alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **Journal of Nutrition**, v.131, p,2135–2142, 1999.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.
- JENKINS, T.C.; FELLNER, V.; MCGUFFEY, R.K. Monensin by fat interactions on trans fatty acids in cultures of mixed ruminal microorganisms grown in continuous fermentors fed corn or barley. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.1, p.324–330, 2003.
- KENNELLY, J.J. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, n.3, p.137-152, 1996.
- LORGERIL, M. De; SALEN, P. Fish and n-3 fatty acids for the prevention and treatment of coronary heart disease: nutrition is not pharmacology. **The American Journal of Medicine**, v.112, n.4, p.316-319, 2002.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. Lehninger: **Princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier. 2002. 975p.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy of Science, 2001. 254 p.
- PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n.6, p. 1339-1349, 1999.
- PRESSMAN, B.C. Biological applications of ionophores. **Annual Review Biochemistry**, v.45, p.501-503 , 1976.
- RAMASWAMY, N.; BAER, R.J.; SCHINGOETHE, D.J. et al. Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.10, p.2144–2151, 2001.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SIM, J.S. Designer eggs and their nutritional and functional significance. **World Rev. Nutr. Diet.**, v.23, p.89-101. 1998.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al., A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577. 1992.
- STEGEMAN, G.A.; BAER, R.J.; SCHINGOETHE, D.J. et al. Composition and flavor of milk and butter from cows fed unsaturated dietary fat and receiving bovine somatotropin' **Journal of Dairy Science**, v.75, n.4, p.962-970, 1992.
- TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. **Animal Science Journal**, v.76, n.4, p.291-303, 2005.
- WARD, A.T.; WITTENBERG, K.M.; PRZYBYISKI, R. Bovine milk fatty profile produced by feeding diets containing solin, flax and canola. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.5, p.1191-1196, 2002.
- WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS**, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

CONCLUSÕES GERAIS

Vacas alimentadas com grãos de linhaça inteiros ou triturados com ou sem monensina sódica tem igual consumo de MS. Porém, grãos de linhaça triturados melhoram a digestibilidade do EE e da PB e diminuem a da FDA. A produção de leite corrigida e a percentagem de gordura no leite são diminuídas com monensina, além de diminuir a quantidade de CLA, ácidos graxos saturados no leite. Grãos de linhaça triturados produzem maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados e ômega 3 no leite e na manteiga. Todavia, este tratamento propicia maiores níveis de N-uréico no leite. Grãos de linhaça triturados ou dieta com ausência de monensina fornecidos às vacas apresentam melhores razões ω_6/ω_3 no leite e na manteiga. Por outro lado, a presença de monensina sódica na dieta enriquece o leite e a manteiga com CLA e diminui a quantidade de ácidos graxos saturados, entretanto, aumenta o LDL circulante. Grãos de linhaça triturados apresentam-se mais satisfatórios do que grãos de linhaça inteiros na maioria dos parâmetros avaliados.