

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

CAMPUS DE BOTUCATU

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE SENSORIAL
DE CARNE E IOGURTE DE LEITE DE CAPRINOS
ALIMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS**

LUCAS SCHIMIDT DIBBERN

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

Botucatu - SP
Novembro/2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

CAMPUS DE BOTUCATU

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE SENSORIAL
DE CARNE E IOGURTE DE LEITE DE CAPRINOS
ALIMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS**

LUCAS SCHIMIDT DIBBERN

Zootecnista

Orientador: Dr. ROBERTO DE OLIVEIRA ROÇA

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

Botucatu - SP

Novembro/2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Dibbern, Lucas Schmidt.

Perfil de ácidos graxos e análise sensorial de carne e iogurte de leite de caprinos alimentados com óleos vegetais / Lucas Schmidt Dibbern. - Botucatu, 2014

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Roberto de Oliveira Roça

Capes: 50405004

1. Caprino - Alimentação e rações. 2. Leite de cabra. 3. Iogurte. 4. Carne - Qualidade. 5. Óleos vegetais. 6. Dieta em veterinária. 7. Alimentos funcionais. 8. Ácidos graxos. 9. Alimentos - Avaliação sensorial.

Palavras-chave: Ácido graxo; Alimento funcional; Cabra; Iogurte.

*“Pedras no caminho? Guardo todas, um
dia vou construir um castelo...”*

Nemo Nox

*“Talvez não tenha conseguido fazer o
melhor, mas lutei para que o melhor fosse
feito. Não sou o que deveria ser, mas
Graças a Deus, não sou o que era antes”*

Martin Luther King

À minha família de sangue, minha mãe Rosana, minha irmã Lorena e meus avós Nancy, Geny e Alaor pelo dobro de todo tipo de atenção, carinho, educação e suporte que se poderia esperar de qualquer outra família...

À minha família de coração, Marilú, Francisco, Mariana e Luiz Guilherme e toda a família Mezzena, que me aceitou em seu lar e tão bem cuidou de mim durante os últimos anos...

Dedico:

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por estar presente em todos os momentos, fossem estes bons ou ruins;

A todos os animais que participaram do experimento, sem os quais tudo isso seria impossível, principalmente pelos que cederam, literalmente, suas vidas por ele;

Não posso de deixar de agradecer as minhas duas famílias por terem feito tudo o que puderam para me ajudar de todas as formas possíveis e impossíveis;

A Andréia Cristina Toniolo Chávári por ter cedido um espaço em seu experimento, por toda a ajuda e por ter se tornado uma companheira de trabalho de tão fácil convivência;

Ao professor Roberto de Oliveira Roça pela consideração em me orientar de última hora, pelo acolhimento nos dias finais, ajuda sem tamanho, sem palavras de agradecimento suficientes;

A Vânia Luzia Fournou de Lima por uma das melhores amizades que tive (e tenho) o prazer de ter construído, por me escutar nos piores momentos, pelos conselhos, por toda a ajuda e pelos momentos de diversão;

A Luciane do Carmo Seraphim, por outra grande amizade, pela grande ajuda e por sempre me receber em sua casa para conversar;

A Raquel Vasconcelos Lourençon pela ajuda e principalmente por sempre partilhar de meus pontos de vista;

A Francisco Jávier Pastor Lopes e Priscila Schoeps Orsini por sempre estarem disponíveis para os abates e outros momentos de necessidade;

Aos professores Simone Fernandes, Paulo Roberto de Lima Meirelles e Ciniro Costa, pela atenção, ajuda e principalmente pelos conselhos que foram de extrema importância para a conclusão deste trabalho;

A Maria Lenira-Leite Browning que mesmo de longe pode me auxiliar;

A Alice Deléo Rodrigues pela amizade e pela atenção e ajuda disponibilizadas;

A Gisele Setznagl, João Antônio Gomes Filho, Maria Cecília dos Santos e Carolina Toledo Santos pela grande ajuda nos laboratórios de bromatologia e tecnologia de produtos de origem animal;

Aos funcionários do capril, Carlos Eduardo Godoi, Carlos Oliveira, Marcos Chaguri e José Ramos Martins por seus serviços;

Ao professor Heraldo César Gonçalves por ter me aceito como orientado na maior parte do projeto;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro do projeto de doutorado que permitiu o desenvolvimento do meu projeto de mestrado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP-Botucatu por minha formação.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1. Revisão de literatura.....	2
1.1. Leite caprino.....	2
1.2. Carne caprina.....	3
1.3. Iogurte.....	4
1.4. Ácidos graxos e a saúde humana.....	5
1.5. Suplementação lipídica.....	6
2. Objetivos.....	8
3. Referências.....	9
 CAPÍTULO 2 – PERFIL LIPÍDICO E ANÁLISE SENSORIAL DO IOGURTE DE LEITE DE CABRAS ALIMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS.....	 13
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução.....	15
Material e Métodos.....	17
Resultados e Discussões.....	22
Conclusões.....	30
Referências.....	31
 CAPÍTULO 3 - PERFIL LIPÍDICO E ANÁLISE SENSORIAL DA CARNE DE CABRITOS ALIMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS.....	 34
Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussões.....	43
Conclusões.....	49
Referências.....	50
 CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES.....	 53

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Composição percentual das dietas e composição químico-bromatológica (% MS) da forragem e dos concentrados.....	18
Tabela 2. Concentração percentual dos principais ácidos graxos da forragem e dos concentrados.....	19
Tabela 3. Composição química do iogurte em função de tratamento e período de lactação.....	22
Tabela 4. Médias e equações de regressão dos componentes do iogurte em função das interações entre tratamento e período de lactação.....	23
Tabela 5. Concentração percentual dos ácidos graxos do iogurte em função dos tratamentos	25
Tabela 6. Médias dos grupos de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional da fração lipídica do iogurte em função dos tratamentos.....	26
Tabela 7. Médias das notas para sabor e consistência do iogurte obtidas por análise sensorial em função dos tratamentos.....	28
CAPÍTULO 3	
Tabela 1. Composição percentual e químico-bromatológica (% MS) das dietas.....	39
Tabela 2. Concentração percentual dos principais ácidos graxos das dietas.....	40
Tabela 3. Desempenho dos cabritos em função dos tratamentos.....	43
Tabela 4. Composição química da carne em função dos tratamentos.....	43
Tabela 5. Concentração percentual dos ácidos graxos da carne em função dos tratamentos.....	45
Tabela 6. Médias dos grupos de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional da fração lipídica da carne em função dos tratamentos.....	46
Tabela 7. Médias das notas para aroma, sabor, maciez e suculência da carne obtidas por análise sensorial em função dos tratamentos..	48

CAPÍTULO 1

Considerações iniciais

Os caprinos são mundialmente difundidos, e o fato de seus produtos participarem da alimentação do ser humano desde primórdios da civilização faz da caprinocultura uma importante atividade pecuária (WEBB et al., 2005). Segundo dados da *Food and Agricultural Organization* (FAO, 2014), a produção de leite de cabras no Brasil está em torno de 150 mil toneladas/ano e, ainda que tenha ocorrido uma redução no rebanho nacional de 9,4 milhões de cabeças, em 2002, para 8,6 milhões de cabeças em 2013, a produção de leite apresentou um crescimento de 4,05% neste mesmo período, refletindo uma melhora na eficiência da produção acompanhada de um ligeiro aumento na demanda do produto.

Nas regiões Sul e Sudeste do país, que eram tradicionalmente voltadas para o mercado de leite e seus derivados, tem-se enxergado a produção de carne como outra atividade de potencial interesse (RODRIGUES, 2009).

Um sistema de produção eficiente se inicia escolhendo a raça adequada para o tipo de produção desejada. Para um sistema misto visando produção de carne e leite, a raça Anglo-Nubiana é uma alternativa, que, segundo Ribeiro (1997), possui dupla aptidão, os animais são rústicos e de elevado peso adulto, apresentam carne e pele de boa qualidade e bom ganho de peso diário dos cabritos. Esta raça é pouco difundida na região Sudeste mostrando a importância de estudos com o objetivo de conhecer seu comportamento e suas potencialidades frente aos diversos sistemas de produção (MEDEIROS et al., 2004).

Ultimamente nota-se uma grande mudança nos hábitos alimentares dos consumidores, sendo crescente o interesse pelo efeito benéfico do alimento para a saúde, ou seja, aquele alimento que, além de fornecer energia para o corpo e uma nutrição adequada, ajuda na prevenção de diversas doenças. Portanto, o sucesso da atividade não depende apenas das práticas adotadas na propriedade para gerar aumento na produtividade, mas também de estratégias para melhorar a qualidade do produto final, tornando-os cada vez mais atrativos aos consumidores, permitindo assim um aumento gradual na demanda (SRETENOVIC et al., 2009).

1. Revisão de literatura

Por causa dos altos teores de ácidos graxos saturados e concentrações moderadas a baixas de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, a carne e o leite de ruminantes são duas das principais fontes alimentícias apontadas como causadoras de doenças associadas à vida moderna, especialmente câncer e doenças cardiovasculares (WOOD et al., 2003). Em consequência, o interesse em manipular o perfil de ácidos graxos desses produtos tem evoluído (JENKINS et al., 2008), principalmente por meio da dieta oferecida aos animais (GOETSCH et al., 2001).

1.1. Leite caprino

O leite de cabra possui proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos essenciais, além de conteúdo mineral e vitamínico, por isso é qualificado como alimento de elevado valor nutricional e de grande importância para a alimentação infantil, por suas características de hipoalergenicidade e digestibilidade devido ao menor tamanho dos glóbulos de gordura (HAENLEIN, 2004; SANTOS et al., 2008).

O leite de cabra apresenta média de proteína mais alta que no leite de vaca. Uma diferença marcante é a ausência da proteína caseína alfa-s1 no leite de cabra. Esta proteína encontrada em maior quantidade no leite de vaca foi indicada como um dos principais agentes alergênicos. As pessoas sensíveis à caseína, ou seja, alérgicas ao leite de vaca, podem sem problemas consumir o leite de cabra, já que este apresenta menor quantidade desta proteína (15%), em comparação ao leite de vaca (39%) (JACOPINI et al., 2011).

A composição do leite é importante tanto para determinar a qualidade nutricional do produto como também por influenciar na produção de derivados, sendo afetada por fatores como: dieta, raça, parição, período de lactação e condições ambientais (GUO et al., 2001). A gordura representa o maior componente energético do leite, sendo também importante por contribuir para as propriedades físicas, organolépticas e de fabricação de produtos lácteos (CHILLIARD et al., 2003).

O leite de cabra apresenta em torno de 3 a 5% de gordura (GIVENS e SHINGFIELD, 2006), e os glóbulos de gordura são formados principalmente por triglicerídeos, que por sua vez contém ácidos graxos de cadeias de quatro a dezoito átomos de carbono, dos quais o palmitoleico (C16:1cis9), o oleico (C18:1) e o linoleico (C18:2) são os mais abundantes (JENSEN, 2002).

A gordura é um dos componentes mais variáveis do leite, pois sua concentração e composição sofrem influência da nutrição e das condições ambientais. A síntese da

gordura do leite ocorre nas células epiteliais mamárias, tendo por precursores a glicose, o acetato, o α -hidroxibutirato e os triglicerídeos (NORO, 2010).

Segundo Chilliard et al. (2003), o leite caprino apresenta uma maior porcentagem de ácidos graxos de cadeia média e menor teor de ácido butírico (C4:0) comparado ao leite de vaca, e a suplementação da dieta com diferentes fontes de gordura podem modificar o perfil de ácidos graxos do leite.

A síntese de triglicerídeos utiliza ácidos graxos de duas fontes: lipídios do sangue e síntese de novo dentro das células epiteliais mamárias. Os ácidos graxos de 18 átomos de carbono e alguns dos de 16 átomos de carbono da gordura do leite provem em quase sua totalidade dos triglicerídeos dos quilomicrons e das lipoproteínas de baixa densidade do sangue (FONSECA, 1995). Os ácidos graxos contidos nas lipoproteínas de baixa densidade (VLDL) e quilomicrons são dependentes dos lipídios da dieta e dos lipídios mobilizados da gordura corporal.

As particularidades da composição de ácidos graxos do leite de cabra e do seu sistema lipolítico têm importante papel no desenvolvimento do sabor característico do leite (liberação de ácidos graxos de cadeia ramificada e média) ou na formação de sabores anormais, como o de ranço, pela excessiva liberação de ácido butírico, que podem interferir na aceitabilidade dos produtos lácteos caprinos (CHILLIARD et al., 2003).

1.2. Carne caprina

A carne de ruminantes apresenta maior teor de ácidos graxos saturados, porcentagem de ácidos graxos de cadeia ímpar, ácido esteárico (C18:0) e isômeros do ácido linoleico conjugado (CLA), além de uma relação $\omega 6/\omega 3$ benéficamente menor quando comparada à de não ruminantes (ENSER et al., 1996). O perfil de ácidos graxos da carne tem um grande impacto na sua qualidade, características sensoriais, aceitação pelo consumidor e benefícios na saúde humana, e pode ser manipulado pela dieta (RIBEIRO et al., 2011).

Sabe-se que a carne representa uma das maiores fontes de gorduras saturadas, que são associadas a várias doenças como câncer e distúrbios cardiovasculares (HASHIMOTO et al., 2007), porém a gordura animal é importante para a nutrição humana devido ao seu alto valor energético, que é duas vezes, ou mais, superior ao dos carboidratos (MAHGOUB et al., 2002). Além disso, os lipídios participam na composição das membranas celulares, como isolantes térmicos, além de entrarem como componentes das vitaminas lipossolúveis e hormônios (MANCINI-FILHO, 1996).

A principal característica da carne caprina é o baixo teor de gordura. Esta espécie deposita em torno de 50-60% da gordura corporal na cavidade abdominal (SIMELLA et al., 1999), sendo por isso considerada uma carne de boa digestibilidade e elevado valor nutritivo, e esta característica pode ser explorada em áreas onde a população apresenta-se ávida de redução no consumo de gordura dietética (MADRUGA, 1999).

Deve-se considerar a conformação e a composição da carcaça quando se propõe sistemas de suplementação, visando acelerar o ritmo do crescimento dos animais jovens, uma vez que podem influenciar o rendimento de carcaça e qualidade da carne (BARROS e SIMPLÍCIO, 2001). Enquanto quantidade e local de deposição de gordura na carcaça têm influência sobre sua qualidade, crescimento e desenvolvimento dos animais são a base para a produção de carne (MAHGUB e LU, 1998).

Para produção de carne, devem ser considerados como fatores fundamentais a velocidade de crescimento dos animais e o nível nutricional (GRANDE et al., 2003). A utilização de suplementação lipídica aumenta a densidade energética da dieta, proporcionando melhor desempenho dos animais e melhoria na qualidade das carcaças (MANSO et al., 2006). Ao aumentar-se a velocidade de crescimento, obtém-se maior rendimento alimentício, pois ao reduzir o período de engorda para atingir o peso de abate, reduz-se os gastos de manutenção e obtém-se melhora nos índices de conversão alimentar, além disso, ao abater animais mais jovens se promove melhora na qualidade e como consequência, carne mais macia, aceleração no ritmo de produção e maior circulação de capital (YOUNGE, 1983).

Tendo em vista a importância nutricional da ingestão de carne e a importante participação dos lipídios nas funções biológicas, conclui-se que o aporte de gordura pela dieta não deve ser totalmente suprimido, porém a ingestão deve ser controlada, visando reduzir os efeitos danosos que estas podem produzir sobre a saúde humana. O controle não deve visar apenas a quantidade de gordura ingerida, mas sim enfatizar o seu tipo (SANTOS-FILHO et al., 2001). Dessa forma se faz necessário conhecer o perfil de ácidos graxos da carne, pois este determina o quão benéfico é o produto quando se trata de ingestão de gordura.

1.3. Iogurte

Os produtos lácteos têm tradição como uma importante fonte para nutrição humana, e suas propriedades estão relacionadas com os seus componentes, especialmente à gordura e à proteína (DONNELLY, 2006).

O iogurte é um produto lácteo ácido devido à presença de ácido láctico durante a fermentação, que envolve o uso de culturas simbióticas de *Lactobacillus delbrueckii*, subsp. *Bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* (FERREIRA, 2005). Os leites fermentados apresentam ação deletéria sobre um grande número de bactérias patogênicas, são recomendados para o controle de problemas digestivos e ajudam na reposição da flora intestinal quando do uso prolongado de antibióticos (FERREIRA, 2005).

Inicialmente, o consumo de iogurte foi bastante limitado, restringindo-se apenas a certos grupos étnicos. Em meados de 1960, a adição de frutas ao produto com o objetivo de atenuar o seu sabor ácido buscava uma maior aceitação popular e, ao mesmo tempo, uma maior divulgação era dada às suas qualidades nutritivas e terapêuticas, levando a um considerável aumento no seu consumo (CHRISTIAN HANSEN, 2007).

1.4. Ácidos graxos e a saúde humana

Os ácidos graxos desejáveis são aqueles que têm efeito neutro ou hipocolesterolêmico sobre a saúde humana estando neste grupo os insaturados e o ácido esteárico C18:0 (GRUNDY, 1986). Entre os ácidos graxos observam-se comportamentos diferentes, por exemplo, os ácidos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) elevam os níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL-colesterol) em maior proporção que o ácido esteárico (C18:0). O ácido láurico (C12:0) promove hipercolesterolemia, sendo em menor quantidade que os ácidos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0). Acredita-se que os ácidos graxos monoinsaturados, como por exemplo, o ácido oleico (C18:1), não influem nos níveis de colesterol. Por sua vez os poli-insaturados, como o ácido linoleico (C18:2), reduzem os níveis séricos de LDL-colesterol (FUENTES, 1998).

Estudos clínicos têm recomendado o aumento dos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (MUFAs e PUFAs, respectivamente) na dieta para os indivíduos em geral, e principalmente aqueles com doença crônica, como já acontecia anteriormente. O *National Cholesterol Education Program* (NCEP), estabelecido em 1985 nos Estados Unidos, recomenda a redução da ingestão de ácidos graxos saturados a 7% do total de gorduras da dieta para indivíduos com hipercolesterolemia ou doenças cardiovasculares (LIMA et al., 2000).

Os parâmetros usados para determinar uma composição desejável de ácidos graxos de determinado produto são principalmente a porcentagem de ácidos graxos

trans, de ácido linoleico conjugado (CLA), essenciais, de cadeia longa n-3 e a relação $\omega 6/\omega 3$ (RIBEIRO et al., 2011).

A relação AGPI/AGS (ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados), os índices HH (ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos), IA (índice de aterogenicidade) e IT (índice de trombogenicidade), devem também ser considerados para determinação do valor nutricional de alimentos que contenham alto teor lipídico. Para uma melhor qualidade do conteúdo lipídico do alimento são preconizados valores maiores para AGPI/AGS e HH e menores para IA e IT, pois estes valores indicam redução nos níveis de ácidos graxos prejudiciais e aumento nos níveis de ácidos graxos hipocolesterolêmicos, amenizando o risco de incidência de doenças cardiovasculares para o consumidor.

1.5. Suplementação lipídica

Inicialmente, fez-se uso da suplementação lipídica, para aumento da densidade energética da dieta de ruminantes (MANSO et al., 2009), no sentido de atender as exigências de animais de alta produção (MAIA et al., 2006), tendo o conhecimento de que os lipídios possuem maior valor energético do que qualquer outro nutriente, representando a fonte de reserva energética mais importante para os animais (NRC, 2001). Estes suplementos permitem também melhorar a produção de carne e leite e possibilitam a manipulação da composição de ácidos graxos destes produtos (PALMQUIST et al., 1993; PALMQUIST e MATTOS, 2006).

Óleos vegetais provenientes de diferentes sementes possuem composição de ácidos graxos diferenciadas, sendo assim, proporcionam efeitos diversos no perfil lipídico dos produtos gerados. Os ácidos graxos insaturados, principalmente os poli-insaturados essenciais linoleico ($\omega 6$) e linolênico ($\omega 3$) estão presentes em quantidades mínimas na gordura corporal dos ruminantes, porém encontram-se em abundância nos óleos vegetais como os de soja, girassol, canola e linhaça, e sua concentração no leite e na carne de ruminantes pode ser aumentada com a alimentação dos animais fornecendo dietas ricas em óleo destes cereais e sementes (DEMEYER e DOREAU, 1999).

A canola tem grande importância mundial na produção de óleo comestível (SANTOS et al., 2009). A produção de óleo de canola tem grande interesse devido à sua composição de ácidos graxos, possuindo cerca de 60% de ácido oleico, 20% de ácido linoleico, 9,5% de linolênico e de reduzidos teores de ácidos graxos saturados (6,3%) (AOCS, 1992).

Outra oleaginosa em destaque é o girassol. Suas sementes possuem cerca de 40% de óleo, sendo a maioria constituída por ácidos graxos insaturados (GIBB et al., 2004). O óleo de girassol apresenta importantes características nutritivas por seu alto conteúdo de ácido linoleico (55-75%), o que faz com que seja bastante recomendado na prevenção das enfermidades cardiovasculares produzidas pelo excesso de colesterol.

Com relação à soja, o Brasil encontra-se como o segundo maior produtor (COSTA e BORÉM, 2003). Os grãos apresentam cerca de 20% de lipídios (O'BRIEN et al., 2000), sendo fonte de ácidos graxos essenciais (ANVISA, 2005), e pode apresentar de 44 a 62% de ácido linoleico e de 4 a 11% de ácido linolênico, sendo material para a síntetização dos ácidos araquidônico, eicosapentaenoico e decosahexanoico pelo organismo, que por sua vez dão origem aos eicosanoides (prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos), compostos que desencadeiam ampla faixa de respostas fisiológicas (YOU DIM et al., 2000).

Os lipídios podem ser extensivamente alterados no rúmen, resultando em grandes diferenças entre o perfil de ácidos graxos fornecidos pela dieta e dos ácidos graxos que deixam o rúmen. O metabolismo de ácidos graxos no rúmen tem uma grande influência na composição final dos produtos desses animais. Os micro-organismos ruminais, rapidamente transformam a gordura da dieta a partir de dois processos conhecidos como lipólise e biohidrogenação (JENKINS et al., 2008).

A lipólise é o início do processo de metabolismo dos lipídios no rúmen, por meio da hidrólise dos lipídios em ácidos graxos e glicerol (HARFOOT e HAZLEWOOD, 1988). Uma vez livres, os ácidos graxos insaturados, por serem quimicamente mais instáveis, passam por um processo conhecido como biohidrogenação, que consiste na hidrogenação da molécula por enzimas hidrogenases, aumentando o grau de saturação (BALDWIN e ALLISON, 1983).

Muitos fatores afetam este processo, incluindo a relação volumoso:concentrado e o tipo de suplementação lipídica (JENKINS, 1993; BESSA et al., 2000; BESSA et al., 2005; DALEY et al., 2010). O pH ruminal apresenta um importante papel nas alterações dos lipídios no rúmen. Menores taxas de lipólise e biohidrogenação são observadas em situações de alta concentração de carboidratos não estruturais na dieta devido a uma queda no pH (VAN NEVEL e DEMEYER, 1996).

Os lipídios em excesso na dieta podem também afetar a digestão ruminal sendo os maiores efeitos a redução da digestibilidade da fibra, da produção de metano e da relação acetato:propionato, especialmente se os níveis de ácidos graxos insaturados

forem altos (HOBSON e STEWART, 1997; DOREAU e FERLAY, 1995). Esses efeitos podem ser decorrentes das reduções no crescimento de bactérias e de protozoários (TAMMINGA e DOREAU, 1991) e do recobrimento físico da fibra com lipídeos, conhecido como “efeito filme” (HOBSON e STEWART, 1997; JENKINS e MCGUIRE, 2006).

Resultados de trabalhos demonstram que a adição de óleos vegetais na dieta de cabras em lactação promove aumento no teor de CLA no leite. Em estudo realizado por Maia et al. (2006) foi observado aumento de 87% e 57% no teor de CLA no leite de cabras que receberam 5,1% de óleo de soja e canola, respectivamente, na dieta em comparação à dieta controle, e ao incluir óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabras em lactação, Matsushita et al. (2007), observou que o óleo de girassol promove maior incremento de CLA no leite em comparação aos outros óleos utilizados.

2. Objetivos

Considerando-se o maior interesse do consumidor por produtos de melhor qualidade, que venham a ter efeitos positivos à saúde e o crescimento do interesse pela atividade pecuária da caprinocultura, esta pesquisa propõe investigar a qualidade química e sensorial do iogurte produzido com o leite de cabras da raça Anglo-nubiana submetidas a dietas adicionadas de óleos vegetais (Capítulo 2) e a carne de cabritos submetidos à esta mesma dieta (Capítulo 3). Os resultados destes estudos serão desenvolvidos em dois capítulos, que serão enviados para publicação na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

O Capítulo 2, intitulado **Perfil lipídico e análise sensorial do iogurte de leite de cabras alimentadas com óleos vegetais**, teve como objetivo verificar o efeito da inclusão dos óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabras Anglo-nubianas mantidas em pastejo, sobre a composição química, o perfil de ácidos graxos e parâmetros sensoriais de iogurte produzido com o leite proveniente destas cabras.

O Capítulo 3, intitulado **Perfil lipídico e análise sensorial da carne de cabritos alimentados com óleos vegetais**, teve como objetivo investigar o efeito da inclusão dos óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabritos Anglo-nubianos em confinamento, sobre a composição química, o perfil de ácidos graxos e parâmetros sensoriais da carne.

3. Referências

- AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY. 1992. Disponível em: <<http://http://www.oilworld.biz/app.php>>. Acesso em: 24 de janeiro de 2014.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RES nº 270, de 23 de setembro de 2005. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&mode=PRINT_VERSION>. Acesso em: 24 de janeiro de 2014.
- BALDWIN, R. L.; ALLISON, M. J. Rumen metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, n.2, p. 462-477, 1983.
- BARROS, N.N.; SIMPLÍCIO, A.A. Produção intensiva de ovinos de corte: perspectivas e cruzamentos. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE OVINOCULTURA. 1. 2001. **Anais...** Lavras. Universidade Federal de Lavras. 2001. P. 21-49.
- BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J.; RIBEIRO, J.M.R. et al. Reticulorumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. **Livestock Production Science**, v.63, n.3, p.201-211, 2000.
- BESSA, R.J.B.; PORTUGAL, P.V.; MENDES, I.A. et al. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. **Livestock Production Science**, v.96, n.2-3, p.185-194, 2005.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 5, p. 1751-1770, 2003.
- CHR Hansen **Leites fermentados, microrganismos probióticos e saúde**. Valinhos, n.38, p.2, Mar. 2007.
- COSTA, N.M.B.; BORÉM, A. **Biotecnologia em Nutrição – saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel, 2003.
- DALEY, C.A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P.S. et al. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, v.9, p.1-12, 2010.
- DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 78, p. 593-607, 1999.
- DONNELLY, W.J. New functions of dairy products for human health. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DO LEITE, 9. **Tendências e avanços do Agronegócio de leite nas américas: mais leite = mais saúde**. Ed. Carlos Eugênio Martins et al. Porto Alegre-RS, p.63-68, 2006.
- DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. **Livestock Production Science**, v.43, p.97-110, 1995.
- ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B. et al. Fatty acid content and composition of english beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, n.4, p.443-456, 1996.
- FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. 2014, Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>>. Acesso em: 24 de janeiro de 2014.

- FERREIRA, C.L.F.F. **Produtos lácteos fermentados**. Aspectos bioquímicos e tecnológicos. Viçosa: Editora UFV, 2005, 113p.
- FONSECA, F. A. **Fisiologia da lactação**. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. UFV, Viçosa, MG. 1995, 137 p.
- FUENTES, J. A. G. Que alimentos convêm ao coração? **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.12, n.53, p.7-11, 1998.
- GIBB, D.J.; OWENS, F.N.; MIR, Z. et al. Value of sunflower seed in finishing diets of fedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. 2679-2692, 2004.
- GIVENS, D.I.; SHINGFIELD, K.J. Optimizing dairy milk fatty acid composition. In: BUTTRISS, C.W.J. (Eds.) **Improving the fat content of foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006. p.252-280.
- GOETSCH, A. L.; DETWEILER, G.; SAHLU, T.; PUCHALA, R.; DAWSON, L. J. Dairy goat performance with different dietary concentrate levels in late lactation. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 41, p. 117-125, 2001.
- GRANDE, A.P.; ALCALDE, C.R.; MACEDO, F.A.F. et al. Desempenho e características de carcaças de cabritos Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. *Acta Scientiarum*. **Animal Sciences**. Maringá, v.25, n.2, p. 315-321, 2003.
- GRUNDY, S. M. Cholesterol and coronary heart disease. **J. Am. Med. Assoc.**, 256: p. 2849–2859, 1986.
- GUO, M.R. et al. Seasonal changes in the chemical composition of commingled goat milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.84 (suppl. E), p. 79-83, 2001.
- HAENLEIN, G.F.W. Goat Milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v.51, p. 155-163, 2004.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. p. 285-322.
- HASHIMOTO, J. H. et al. Características de carcaça e da carne de caprinos Boer x Saanen confinados recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 165-173, 2007.
- HOBSON, P. N. and C. S. STEWART. Lipid metabolism in the rumen. In: **The Rumen Microbial Ecosystem** (Ed. P. N. Hobson and C. S. Stewart). Blackie Academic and Professional Press. London, 1997, pp. 382-419.
- JACOPINI, L.A.; MARTINS, E.N.; LOURENÇO, D.A.L.; DERÓIDE, C.A.S. Leite de cabra: características e qualidades. **Revista ACTA Tecnológica**, v.6, n.1, p. 168-180, 2011.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.
- JENKINS, T.C.; MCGUIRE, M.A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1302-1310, 2006.
- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Board-invented review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p. 397-412, 2008.

- JENSEN, R.G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.295-350, 2002.
- LIMA, F. E. L; MENEZES, T. N; TAVARES, M. P; SZARFARC, S. C. FISBERG, R. M; Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. **Rev. Nutr.**, Campinas, 13(2): 73-80, maio/ago., 2000.
- MADRUGA, M. S. Carne caprina verdades e mitos à luz da ciência. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, v.23, n.264, p. 34-40, 1999.
- MAHGOUB, O., LU, C.D. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes. **Small Ruminant Research**, 27 (1998), pp. 267–278.
- MAHGOUB, O. et al. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. **Meat Science**, Barking, v.61, p. 381-387, 2002.
- MAIA, F. J.; BRANCO, A. F.; MOURO, G. F. CONEGLIAN, S. M.; SANTOS, G. T.; MINELLA, T. F.; GUIMARÃES, K. C. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1496-1503, 2006.
- MANCINI-FILHO, J. Implicações nutricionais dos ácidos graxos trans. In: SEMINÁRIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ÓLEOS E GORDURAS. São Paulo, **ITAL**, 1996, 12 p.
- MANSO, T.; CASTRO, T.; MANTECÓN, A.R.; JIMENO, V. Effect of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 127, n.3/4, p. 175-186, 2006.
- MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T. et al. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, v.83, n.3, p.511-516, 2009.
- MATSUSHITA, M.; TAZINAFO, N.M.; PADRE, R.G.; OLIVEIRA, C.C. et al. Fatty acid profile of milk from Saanen goats fed a diet enriched with three vegetable oils. **Small Ruminant Research**, v.72, p. 127-132, 2007.
- MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA, D.H.; OLIVEIRA, C.A. Avaliação de alguns aspectos de desempenho de caprinos da raça Anglo Nubiana no Rio de Janeiro. In: ENCONTRO DE CAPRINOS DO DEPARTAMENTO DE REPRODUÇÃO E AVALIAÇÃO ANIMAL DA UFRRJ.1. 2004. **Anais...** Seropédica, RJ. 2004.
- NORO, G. Síntese e secreção do leite. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/sintese_leite.pdf> Acesso em: 24 de janeiro de 2014.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, DC. **National Academy of Sciences**, 2001. 381p
- O'BRIEN, R.D.; FARR, W.E.; WAN, P.J. Introduction to fats and oils technology. Louisiana: **AOCS Press**, Champaign Illinois, p. 1-107; 402-479, 2000.
- PALMQUIST, D. L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1753-1771, 1993.

- PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de Lipídeos. Cap. 17. BERCHELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. ed. Funep. Jaboticabal, p. 583, 2006.
- RIBEIRO, S. D. A. Caprinocultura: criação racional de caprinos. São Paulo: Nobel, 1997. 318 p.
- RIBEIRO, C.V.D.M.; OLIVEIRA, D.E.; JUCHEN, S.O. et al. Fatty acid profile of meat and Milk from small ruminants: a review. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40 (suppl. E.) p. 121-137, 2011.
- RODRIGUES, L. Sistemas de produção de caprinos de leite e carne em pasto ou confinamento. 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – **Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.
- SANTOS FILHO, J. M. et al. Lipídios em carnes de animais utilizados para consumo humano: uma revisão. **Ciência Animal**, Fortaleza, CE, v. 11, p. 87-100, 2001.
- SANTOS, K. O.; EGITO, A. S.; BONFIM, M. A. D.; BENEVIDES, S.D. Produção de queijos probióticos para agregação de valor ao leite caprino. **Embrapa**. Documentos, n.83. 2008.
- SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; BARBOSA, J.C. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com grãos e subprodutos da canola. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.10, n.1, p. 96-105, 2009.
- SIMELLA, L.; NDLOVU, R. L.; SIBANDA, L. M. Carcass characteristics of the marketed matebele goat from South Western. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 32, p. 173-179, 1999.
- SRETENOVIC, L. J.; PANTELIC, V.; NOVAKOVIC, Ž. Importance of utilization of omega-3 fatty acids in human and animal nutrition. **Biotechnology in Animal Husbandry**, Belgrade-Zemun, v. 25, n.5-6, p. 439-449, 2009.
- TAMMINGA, S.; DOREAU, M. Lipids and rumen digestion. In: JOUANY, J.P. (Ed.) Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. Paris: **Institut National de la Recherche Agronomique**, 1991. p.151-164.
- VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Effect of pH on biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids and their Ca-salts by rumen microorganisms in vitro. **Archives of Animal Nutrition**, Abingdon, v. 49, p. 151-157, 1996.
- WEBB, E. C.; CASEY, N. H.; SIMELA, L. Goat meat quality. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 60, p. 153-166, 2005.
- WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.
- YOUDIM, K.A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J.A. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **International Journal of Developmental Neuroscience**, v. 4, n. 18, p. 383-399, 2000.
- YOUNGE, V.A.K. **Comparacion del crecimiento de corderos obtenidos de diferentes cruzamientos**. 1983. 35f. (Tese de grau de licenciado em Medicina Veterinária). Universidade de Chile, Valdivia, Chile.

CAPÍTULO 2

Perfil lipídico e análise sensorial do iogurte de leite de cabras alimentadas com óleos vegetais

Resumo - Alimentos com menores teores de gordura e ou com melhor perfil de ácidos graxos são o principal enfoque do mercado para produtos de origem animal. Portanto, este trabalho objetivou avaliar a inclusão de três fontes de óleo vegetal na dieta de cabras em lactação sobre a composição, o perfil de ácidos graxos e os parâmetros sensoriais do iogurte produzido com o leite destas cabras. Foram utilizadas 32 cabras da raça Anglo-nubiana distribuídas em quatro tratamentos: dieta controle versus com inclusão de 3% de óleos de canola, girassol e soja. Foram avaliadas as influências de tratamentos e períodos de lactação sobre a composição, o perfil de ácidos graxos e os parâmetros sensoriais do iogurte. Para determinação dos constituintes, foram colhidas amostras aos 21, 51, 81 e 111 dias de lactação e para o perfil de ácidos graxos aos 21 e 111 dias de lactação. A produção leiteira em 120 dias de lactação foi de 182,75 kg e não houve diferença para os tratamentos. Os constituintes, não foram influenciados pelos tratamentos, entretanto o teor de proteína apresentou efeito para período. Para gordura e extrato seco desengordurado houve interação entre tratamento e período. A inclusão de óleos de girassol e soja promoveu aumento no teor total de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e de ácido linoléico conjugado (CLA). O índice de aterogenicidade (IA) melhorou com a adição de óleo na dieta dos animais, sendo mais acentuada nos tratamentos com óleo de girassol e soja. Para a análise sensorial os iogurtes dos tratamentos com inclusão de óleos de girassol e soja não apresentaram diferença do tratamento controle (sem adição de óleo) para o parâmetro sabor, já o iogurte do tratamento com óleo de canola demonstrou diferença. Para a consistência todos os tratamentos com adição de óleo foram diferentes do tratamento controle, sendo ainda o iogurte do tratamento com óleo de canola o mais discrepante em relação ao controle. Estes resultados permitem concluir que a adição de 3% de óleos vegetais na dieta de cabras em lactação melhora o perfil de ácidos graxos sem prejudicar a composição e os parâmetros sensoriais do iogurte.

Termos para indexação: ácidos graxos, ácido linoleico conjugado, alimento funcional, Anglo-nubiano, *Capra hircus*.

Lipid profile and sensory evaluation of yoghurt of milk from goats fed vegetable oils

Abstract – Foods with lower fat and or better fatty acid profile are the main focus of the market for animal products. Therefore, this study aimed to evaluate the inclusion of three vegetable oil sources in the diet of lactating goats on the composition, fatty acid profile and sensory parameters of yogurt made from milk of these goats. Were used 32 Anglo-Nubian goats distributed in four treatments: control diet versus with inclusion of 3% of canola, sunflower and soybean oil. The influences of treatments and lactation periods on the composition, fatty acid profile and sensory parameters of the yoghurt were evaluated. For determination of the constituents, samples were taken at 21, 51, 81 and 111 days of lactation and the profile of fatty acids at 21 and 111 days of lactation. Milk production in 120 days of lactation was 182.75 kg and there is no difference to the treatments. The constituents were not affected by the treatments, but difference on the protein content was seen at period. For fat and defatted dry extract was interaction between treatment and period. The inclusion of sunflower and soybean oils promoted an increase in the total content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and conjugated linoleic acid (CLA). The index of atherogenicity (IA) improved with the addition of oil in the diet of animals, being more pronounced in the treatments with sunflower and soybean oil. For sensory analysis of the yogurt the treatments including sunflower oil and soybean showed no difference from the control treatment (no addition of oil) for taste parameter but yogurt of the treatment with canola oil showed a difference. For consistency all treatments with the addition of oil were different from the control treatment, still yogurt from the treatment with canola oil the less accurate than the control. These results suggest that the addition of 3% of vegetable oils in the diet of lactating goats improves the fatty acid profile without harming the composition and sensory parameters of yogurt.

Index terms: Anglo-Nubian, *Capra hircus*, conjugated linoleic acid, fatty acids, functional food.

Introdução

O enfoque do mercado sobre os produtos de origem animal tem sido direcionado à busca por alimentos com menores teores de gordura e principalmente com a composição da gordura que traga mais benefícios à saúde humana, caracterizando-os como alimentos funcionais (Sretenović et al., 2009).

Por apresentar elevado valor biológico e qualidades nutricionais superiores ao leite bovino, pela maior digestibilidade e pelas características dietéticas, o leite caprino é bastante recomendado para alimentação de crianças, adultos e idosos sensíveis ou alérgicos ao leite de vaca (Haenlein, 2004; Park et al., 2007). Tais características enquadram o leite caprino na categoria de alimento funcional, ou seja, além de nutrir, é um produto que oferece benefícios à saúde de quem o consome.

As modificações no perfil lipídico da gordura do leite de ruminantes para torná-lo mais saudável, tem como principal objetivo a redução da porcentagem de ácidos graxos saturados e o aumento na de ácidos graxos insaturados, pontualmente elevando o teor de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente do grupo $\omega 3$, e de ácido linoléico conjugado, conhecido como CLA (Hillbrick e Augustin, 2002). O aumento no aporte de ácidos graxos insaturados pela dieta torna essas modificações possíveis, saturando o sistema enzimático da biohidrogenação, admitindo passagem de ácidos graxos insaturados e intermediários deste processo para serem absorvidos no intestino.

Os óleos vegetais têm sido utilizados na dieta de ruminantes como forma de aumentar a densidade energética sem alterar a relação volumoso:concentrado. Estes óleos previnem desordens metabólicas, melhoram o desempenho produtivo e reprodutivo e ajudam a restaurar a condição corporal (NRC, 2007), além de conterem uma alta proporção de ácidos graxos insaturados e uma digestibilidade aparente melhor que fontes lipídicas de origem animal (Costa et al., 2009).

O processo de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados provenientes da dieta torna a gordura dos alimentos provenientes de animais ruminantes mais rica em ácidos graxos saturados. Os ácidos graxos insaturados exercem efeito tóxico sobre os micro-organismos ruminais, então este processo ocorre como mecanismo de defesa, promovendo uma extensa metabolização destes ácidos graxos no rúmen (Palmquist e Mattos, 2011) tornando-os saturados, resultando em maior fluxo destes para serem absorvidos e constituírem a gordura da carne e do leite produzido pelos animais.

Vários produtos lácteos possuem imagem positiva de alimentos saudáveis e nutritivos associado às suas propriedades sensoriais, entre eles o iogurte, que além de tais benefícios, é fonte alimentar do ácido linoleico conjugado (em inglês, CLA) (Guler et al., 2010). Este ácido graxo ocorre naturalmente neste e em outros alimentos de origem animal e está relacionado com inúmeros benefícios à saúde, incluindo atividades anticancerígenas e anticarcinogênicas.

A relação AGPI/AGS (ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados), os índices HH (ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos), IA (índice de aterogenicidade) e IT (índice de trombogenicidade), devem também ser considerados para determinação do valor nutricional de alimentos que contenham alto teor lipídico. Para uma melhor qualidade do conteúdo lipídico do alimento são preconizados valores maiores para AGPI/AGS e HH e menores para IA e IT, pois estes valores indicam redução nos níveis de ácidos graxos prejudiciais e aumento nos níveis de ácidos graxos hipocolesterolêmicos, amenizando o risco de incidência de doenças cardiovasculares para o consumidor.

Diante do apresentado, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos sobre o perfil de ácidos graxos, a composição química e as características sensoriais do iogurte produzido com leite de cabras suplementadas com óleos de canola (*Brassica napus* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e soja (*Glycine max* L.).

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no período de agosto de 2012 a fevereiro de 2013, que compreende o final do inverno, a primavera e o verão, na Área de Produção de Caprinos da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP–Campus de Botucatu/SP, localizada na Fazenda Lageado. O experimento foi aprovado pelo comitê de ética no uso de animais, protocolo n° 29/2012-CEUA.

Foram utilizadas 32 cabras, primíparas e múltíparas, da raça Anglo Nubiana, distribuídas em quatro tratamentos (oito animais/tratamento). Os tratamentos experimentais foram: dieta controle, dieta com inclusão de 3% de óleo de canola, dieta com inclusão de 3% de óleo de girassol e dieta com inclusão de 3% de óleo de soja.

As dietas foram formuladas pelo Sistema de Proteína e Carboidratos Líquidos de Cornell for Sheep - CNCPS (Cannas et al., 2004), calculadas por meio do programa Small Ruminant Nutrition System (SRNS), segundo as recomendações do NRC (2007) para inicialmente serem isoproteicas e isoenergéticas e atender as exigências de cabras em lactação com peso médio de 50 kg e produção de 2 kg de leite/dia com 4% de gordura. A proporção dos ingredientes das dietas está apresentada na Tabela 1.

Durante a fabricação do concentrado, foram colhidas amostras de cada ingrediente para análise. Para determinação da composição química dos concentrados experimentais foram obtidas amostras de aproximadamente 200g de cada partida do mesmo após a mistura com o óleo vegetal referente a cada tratamento. Para as amostras de forragem foi utilizado o método de pastejo simulado, para que o material colhido fosse o mais semelhante possível àquele consumido pelos animais. Para isso, as cabras eram acompanhadas quando entravam no piquete para que o hábito de pastejo fosse observado e, baseado nesse comportamento, amostras representativas da forragem consumida eram colhidas manualmente durante os três dias de permanência no piquete. Todas as amostras foram mantidas congeladas até o momento das análises.

Após o descongelamento, as amostras foram secas a 55°C em estufa de ventilação forçada até atingir peso constante, e, em seguida, processadas em moinho tipo faca com peneira de malha 1 mm e acondicionadas em sacos plásticos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo A.O.A.C. International (Cuniff, 1995) enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiram a metodologia proposta por Robertson e Van Soest (1981).

As análises foram processadas na Universidade Estadual Paulista, câmpus de Botucatu/SP, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Laboratório de Bromatologia, e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual das dietas e composição químico-bromatológica (% MS) da forragem e dos concentrados.

Ingredientes	Dietas	
	Controle	Óleo
<i>Panicum maximum</i> cv. Tobiata	50	50
Milho	21,46	0
Farelo de soja	16,72	19,24
Farelo de trigo	8,22	24,53
Calcário	0,52	0,45
Mistura mineral ¹	2,79	2,79
Fosfato bicálcico	0,28	0
Óleo ²	0	3

Componente	Concentrados		Forragem
	Controle	Óleo	
Matéria seca	86,94	87,28	25,62
Matéria mineral	9,40	10,19	8,31
Proteína metabolizável	17,11	20,03	12,28
Extrato etéreo	2,80	8,26	1,11
Celulose	6,22	8,07	29,73
Lignina	0,81	1,14	1,97
FDN	21,60	32,60	67,88
FDA	8,80	12,80	34,76
FDN efetivo	13,40	18,58	40,73
NDT	77,30	80,29	64,58

¹ Composição (quantidade/quilo de produto): cálcio 200 g; fósforo 70 g; flúor 700 mg; sódio 100 g; enxofre 10 g; magnésio 5000 mg; cobalto 25 mg; cobre 440 mg; cromo 6 mg; ferro 340 mg; iodo 48 mg; manganês 1480 mg; selênio 20 mg; zinco 3010 mg; vitamina A 250000 UI; vitamina D3 40000 UI; vitamina E 350 UI.

² Inclusão de 3% de óleo de canola, girassol ou soja.

FDN-Fibra em Detergente Neutro; FDA-Fibra em Detergente Ácido; NDT-Nutrientes Digestíveis Totais.

Como forma de adaptação, os concentrados experimentais foram fornecidos aos animais a partir de um mês antes do início previsto para os partos e nesta fase, os óleos foram incorporados ao concentrado de forma gradativa até atingir o nível de 3% na dieta total.

Após os partos, as cabras foram ordenhadas duas vezes ao dia, às 8h00m e às 16h00m, enquanto os cabritos estavam na fase de amamentação, e às 6h00m e às 18h00m após a desmama das crias, que ocorreu quando completaram 60 dias de idade. No intervalo das ordenhas os animais permaneceram em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tobiata, em lotação rotacionada com taxa de lotação fixa, numa área de aproximadamente 0,6 ha dividida em 11 piquetes de aproximadamente 500m², providos com bebedouros automáticos, com período de ocupação de três dias e período de descanso de 30 dias.

Terminado o período de pastejo, os animais eram recolhidos, novamente ordenhados e distribuídos em quatro baias conforme os tratamentos, em aprisco de piso ripado, suspenso do solo, com acesso a solário de piso cimentado. Nas baias os animais tinham a disposição água e mistura mineral à vontade. O concentrado experimental, foi fornecido parte durante as ordenhas (0,150kg/ animal/ordenha) e o restante (0,700 kg/animal) após a ordenha da tarde, totalizando 1 kg/animal/dia. O óleo referente a cada tratamento foi incorporado ao concentrado no momento da oferta aos animais.

Foi determinado o perfil dos principais ácidos graxos da forragem e dos concentrados utilizados neste estudo (Tabela 2), que foram extraídos segundo a metodologia de Rodrigues-Ruiz et al. (1998).

Tabela 2. Concentração percentual dos principais ácidos graxos da forragem e dos concentrados.

Ácido Graxo (%)	Símbolo	Forragem	Concentrados			
			Controle	Canola	Girassol	Soja
Mirístico	C14:0	0,65	0,09	0,09	0,09	0,10
Palmítico	C16:0	26,79	16,94	9,64	10,88	14,28
Estearico	C18:0	2,53	2,84	2,30	2,86	2,67
Oleico	C18:1	1,50	28,45	51,78	25,66	24,20
Linoleico	C18:2	18,32	47,98	27,51	57,04	52,79
Linolênico ω 6	C18:3	0,00	0,00	0,12	0,13	0,17
Linolênico ω 3	C18:3	43,89	2,34	5,81	1,70	4,17
Outros	-	5,68	1,03	2,17	1,36	1,40

Para determinação do perfil de ácidos graxos e da composição química, foram fabricadas amostras de 100 ml de iogurte do leite de cada cabra do experimento em diferentes períodos da lactação. Para o perfil de ácidos graxos as amostras foram colhidas aos 21 e 111 dias de lactação, totalizando dois períodos por animal. Para a composição aos 21, 51, 81 e 111 dias de lactação, totalizando quatro períodos por animal. Este iogurte permaneceu congelado em freezer doméstico à temperatura de - 18°C.

A análise da composição química (extrato seco total, proteína, gordura e extrato seco desengordurado) do iogurte foi realizada seguindo as metodologias de Gerber e Kjeldahl (Método AOAC 2000.18 e 2011.04).

O perfil de ácidos graxos do iogurte foi processado no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq/USP em Piracicaba/SP. O perfil de ácidos graxos foi determinado por meio da metodologia de Hartman e Lago (1973). As amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, a extração da gordura foi feita segundo a metodologia de Hara e Radin (1978) e em seguida foram metiladas conforme

metodologia descrita por Christie (1982). Para quantificação e determinação dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás modelo Focus CG-Finnigan, com detector de ionização de chama, coluna capilar CP-Sil 88 (Varian), com 100m de comprimento por 0,25 µm de espessura do filme. Foi utilizado o hidrogênio como gás de arraste, numa vazão de 1,8 mL/minuto. O programa de temperatura do forno inicial foi de 70°C, com tempo de espera de 4 minutos, 175°C (13°C/minuto), com tempo de espera de 27 minutos, 215°C (4°C/minuto), com tempo de espera de 9 minutos e, em seguida aumentando 7°C/minuto até atingir 230°C, permanecendo por 5 minutos, totalizando 65 minutos. A temperatura do vaporizador foi de 250°C e a do detector de 300°C.

Uma alíquota de 1µL do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo e a identificação dos ácidos graxos foi feita pela comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões de ácidos graxos de manteiga. Os ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e as porcentagens dos ácidos graxos foram obtidas por meio do software Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Italy) e os resultados foram expressos em percentual de área.

A partir do perfil de ácidos graxos obtido foram calculados os teores de ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), ômega 3 (ω 3), ômega 6 (ω 6), ácido linoléico conjugado (CLA), as relações AGMI/AGS, AGPI/AGS, ω 6/ ω 3, os índices de: aterogenicidade (IA), por meio da fórmula $[(C12:0 + (4 * C14:0) + C16:0)] / (AGMI + \omega 6 + \omega 3)$, de trombogenicidade, por meio da fórmula $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 * AGMI) + (0,5 * \omega 6) + (3 * \omega 3) + (\omega 3 / \omega 6)]$ ambas segundo Ulbricht e Southgate (1991) e a relação de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) por meio da fórmula $(C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:6\omega 3) / (C14:0 + C16:0)$, segundo Santos-Silva et al. (2002).

O leite destinado à produção do iogurte para a análise sensorial foi colhido por meio de ordenha mecânica em recipiente próprio para o armazenamento e foi imediatamente processado. Esse iogurte foi produzido com leite proveniente de todas as cabras de um mesmo tratamento, quando estas se encontravam em torno do 60º dia de lactação.

O iogurte natural foi elaborado, após a pasteurização a 65°C durante 30 minutos e resfriamento até 42°C de 3 litros de leite de cada um dos tratamentos canola, girassol e soja e 6 litros de leite do tratamento controle. Foi inoculada a cultura lática BioRich® (CHR HANSEN) e incubado em estufa com controle de temperatura a 45°C durante 4 horas até que se atingisse a acidez de 90º Dornic, em recipientes esterilizados, após o

período de incubação o produto ficou armazenado por um período de 12 horas em geladeira à temperatura de 4°C até o momento do consumo.

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da Faculdade de Ciências Agronômicas por meio do Teste de Comparação Múltipla, para sabor e consistência. As amostras de 25mL codificadas com números de três dígitos foram apresentadas de forma aleatória em copos descartáveis brancos de 50 mL. Foi oferecida água para o consumo entre a avaliação das amostras.

O teste de comparação múltipla consiste na apresentação de uma amostra padrão e três amostras codificadas, sendo a padrão o produto proveniente do tratamento sem adição de óleos (tratamento controle) e as amostras codificadas referente a cada um dos tratamentos com adição de óleo (canola, girassol e soja). Foi solicitado ao provador que experimentasse as amostras, comparando-as com o padrão e avaliasse o grau de diferença, usando uma escala de cinco pontos, em que o número 1 representa igual ao padrão e o número 5 representa extremamente diferente do padrão. (Dutcosky, 2013; Ferreira et al., 2000).

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Os dados do perfil de ácidos graxos e composição química do iogurte foram submetidos à análise de variância em parcelas subdivididas (Modelo I) sendo as parcelas principais os tratamentos e as subparcelas os períodos de lactação, e processados pelo SAEG (UFV, 2000). As médias de tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Os dados da análise sensorial foram analisados por meio do teste de Kruskal-Wallis através do software Minitab16®.

$$\text{Modelo I} \quad Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{ij} + E_k + T * E_{ik} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = valor da característica observada no período k do tratamento i;

μ = constante inerente aos dados;

T_i = efeito do tratamento i, sendo i = 1: controle; 2: inclusão de 3% óleo de soja; 3: óleo de girassol e 4: óleo de canola;

e_{ij} = efeito residual das parcelas;

E_k = efeito do período ou período de lactação k, sendo k = 1:21 dias e 2:111 dias para perfil de ácidos graxos e k = 1:21, 2:51, 3:81 e 4:111 dias para composição;

$T * E_{ik}$ = efeito da interação entre o tratamento i e período k;

e_{ijk} = efeito residual das subparcelas.

Resultados e Discussões

A produção de leite apresentou média geral de 182,75 kg em 120 dias de lactação (1,523 kg de leite/dia) e não diferiu entre os tratamentos, resultado que pode ser atribuído à semelhança no consumo de matéria seca, energia e proteína entre as dietas experimentais as quais atenderam às exigências dos animais de forma homogênea. A quantidade fixa de concentrado fornecido para os animais (1 kg/animal/dia) pode também ter colaborado para esse fato.

A inclusão dos diferentes óleos nas dietas das cabras não alterou a composição química do iogurte, entretanto, o período da lactação teve influência sobre o teor de proteína e interações entre tratamento e período de lactação foram constatadas para os componentes gordura e extrato seco desengordurado (Tabela 3).

Houve alteração da porcentagem de proteína durante o período de lactação. Nos 3 primeiros períodos de coleta (21, 51 e 81 dias de lactação) as concentrações foram menores, observando-se um aumento no último período (Tabela 3). O teor de proteína é uma característica que modifica no decorrer da lactação, e tende a seguir uma evolução inversa à da produção de leite, alcançando valores mínimos no segundo mês de lactação, o que coincide com a produção máxima de leite (Rota et al., 1993). Isto explica o comportamento deste componente neste estudo, no qual foi observado aumento no teor de proteína nos estádios finais da lactação em função da menor quantidade de leite produzida.

Tabela 3. Composição química do iogurte em função de tratamento e período de lactação.

Variável (%)	Tratamento				Período de lactação (Dias)				CV
	CO	CA	GI	SO	21	51	81	111	
EST	12,70	12,39	13,26	12,49	13,43	12,58	12,55	12,30	7,33
Proteína	3,68	3,61	3,87	3,63	3,44b	3,44b	3,56b	4,38a	20,40
Gordura	4,07	3,81	4,32	3,70	4,50	4,19	3,93	3,30	23,44
ESD	8,62	8,58	8,93	8,79	8,92	8,39	8,62	9,00	6,06

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

EST – Extrato seco total; ESD – Extrato seco desengordurado; CV – Coeficiente de variação; CO – Tratamento controle; CA – Tratamento canola; GI – Tratamento girassol; SO – Tratamento soja.

Para a gordura do iogurte pode-se observar influência dos tratamentos aos 21 e 81 dias de lactação. Aos 21 dias, o tratamento Controle apresentou maior concentração de gordura que o tratamento Girassol, aos 81 dias houve comportamento inverso onde o tratamento Controle apresentou menor valor em relação ao tratamento Girassol. Observou-se ainda influência do período de lactação nos tratamentos Canola e Soja tendo nestes tratamentos a média de gordura reduzido em 0,0156 e 0,0143%, respectivamente (Tabela 4).

O componente extrato seco desengordurado não apresentou influência de tratamento em nenhum dos períodos de lactação, sendo influenciado apenas pelo período de lactação no tratamento Controle, onde a média deste componente teve uma redução de 0,0016% por dia de lactação (Tabela 4).

Tabela 4. Médias e equações de regressão dos componentes do iogurte em função das interações entre tratamento e período de lactação.

Período de lactação (Dias)	Tratamento			
	Controle	Canola	Girassol	Soja
<i>Extrato seco total (%)</i>				
$\hat{y}=12,10+27,69*1/t$ ($R^2=97,33$) $P<0,1034$				
<i>Proteína (%)</i>				
$\hat{y}=3,05+0,0098t$ ($R^2=0,7071$) $P<0,1587$				
<i>Gordura (%)</i>				
21	4,94a	4,81ab	3,36b	4,90a
51	3,78	4,14	4,32	4,52
81	2,81b	4,08ab	4,44a	4,38a
111	3,28	3,26	3,13	3,51
Equação	3,70	$\hat{y}=5,1056-0,0156t$	3,81	$\hat{y}=5,27-0,0143t$
<i>Extrato seco desengordurado (%)</i>				
21	8,88	8,94	9,21	8,66
51	8,44	8,24	8,27	8,60
81	8,99	8,26	8,25	8,99
111	8,85	9,07	8,59	9,48
Equação	8,79	$\hat{y}=9,89-0,0537t+0,00042t^2$	8,58	8,94

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$); t – período de lactação.

Os dados das interações foram submetidos a análise de regressão. A concentração de gordura diminui como aumento do período da lactação, exceto para o tratamento Girassol que tende a manter o teor de gordura estável durante todo o período de observação. Observa-se aumento para o extrato seco desengordurado nos tratamentos Controle, Canola e Soja, e comportamento inverso para o tratamento Girassol, com o passar do período de lactação.

Em estudo com substituição do feno de tifton por casca de mamona, fonte de óleo vegetal, em cabras Anglo-nubianas, Santos et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes, não encontrando efeito para proteína e extrato seco total, tendo apenas o teor de gordura sofrido alteração.

A influência do período de lactação sobre os componentes registrada, também foi observada por Queiroga et al. (2007) que relataram alterações no teor de lipídeos mas não no teor dos demais componentes, trabalhando com os efeitos da fase de lactação sobre os componentes do leite em cabras da raça Saanen.

Os valores observados nesta pesquisa para os constituintes estão dentro da variação normal para cabras (Park et al., 2007), e, segundo a literatura, as variações na composição do leite durante as fases de lactação são comuns e ocorrem devido às alterações na quantidade de leite produzido ocasionando maiores ou menores concentrações dos componentes no produto gerado (Greyling et al., 2004; Mestawet et al., 2012).

Dos ácidos graxos saturados, mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), apontados como hipercolesterolêmicos somente o palmítico (C16:0) apresentou diferença entre os tratamentos, sendo que a maior quantidade (24,59%), foi apresentada pelo tratamento Controle, enquanto que os tratamentos Canola, Girassol e Soja apresentaram uma redução deste valor na ordem de 14,11, 16,38 e 12,24%, respectivamente (Tabela 5). Este resultado demonstra um efeito benéfico da utilização de óleos vegetais na dieta de cabras em lactação, tendo em vista a constante busca na redução do teor de AGS total nos alimentos de origem animal.

A concentração do ácido palmítico (C16:0) é reduzida no leite quando da adição de óleos vegetais com altas concentrações de ácidos graxos insaturados na dieta, comprovada por Fernandes et al. (2008) que avaliaram os efeitos da adição de óleo de algodão e girassol na dieta de cabras da raça Moxotó no perfil de ácidos graxos do leite. Estes dados se assemelham aos encontrados no presente trabalho onde o tratamento controle obteve maior concentração do ácido palmítico em relação aos tratamentos com óleo, ocasionado pela baixa concentração deste ácido nos óleos utilizados, mostrando a incorporação de tais ácidos provenientes da dieta na composição do perfil lipídico do leite.

Em experimento realizado com adição de óleos de arroz, canola e soja na dieta de cabras Saanen, Maia et al. (2006), relataram maiores concentrações de ácidos graxos poli-insaturados nos tratamentos com óleos de soja e arroz e concentrações menores para os tratamentos controle e óleo de canola, resultado este semelhante ao encontrado neste estudo, onde a concentração de ácidos graxos poli-insaturados do tratamento controle e canola foram menores (2,67% e 2,77%, respectivamente) enquanto que para o tratamento girassol foi de 4,05%.

O Ácido graxo C18:0 (esteárico), foi influenciado pelos tratamentos, com a menor concentração no tratamento Controle, 12,65% e maior nos outros tratamentos, 16,11; 16,61 e 16,21% nos tratamentos canola, girassol e soja, respectivamente. Este aumento nas dietas com óleo de canola, girassol e soja está de acordo com o encontrado por

Fernandes et al. (2008), onde a concentração deste ácido também aumentou ($P < 0,05$) com a inclusão dos óleos em relação à dieta controle.

Apesar de ser um ácido graxo saturado, Grundy (1989) relatou que este ácido graxo reduz o colesterol plasmático total e LDL em humanos, pois é convertido para ácido oléico (C18:1) devido à introdução de uma dupla ligação entre os átomos de carbono 9 e 10 (Calder, 1998; Teitelbaum e Walker, 2001). O aumento na concentração de ácido esteárico pode ter sido consequência da extensa biohidrogenação ruminal dos ácidos C18:1, C18:2, C18:3n3 e C18:3n6 presentes nos óleos utilizados na dieta dos animais deste experimento.

Tabela 5. Concentração percentual dos ácidos graxos do iogurte em função dos tratamentos.

Ácido Graxo (%)	Símbolo	Tratamento				CV
		CO	CA	GI	SO	
Butírico	C04:0	1,67b	1,87ab	2,08a	2,07a	8,24
Capróico	C06:0	2,28	2,27	2,44	2,47	7,41
Caprílico	C08:0	3,02	2,70	2,84	2,79	4,84
Cáprico	C10:0	9,33	7,72	7,67	7,13	7,67
Láurico	C12:0	4,50	3,81	3,49	3,29	11,80
Mirístico	C14:0	9,63	8,35	7,59	7,60	8,29
Pentadecanóico	C15:0	1,14	0,95	1,07	1,01	3,89
Palmítico	C16:0	24,59a	21,12b	20,56b	21,58b	4,49
Margárico	C17:0	0,77	0,68	0,69	0,61	3,21
Esteárico	C18:0	12,65b	16,11a	16,61a	16,21a	9,78
Araquídico	C20:0	0,15b	0,24a	0,16b	0,18b	1,50
Heneicosanóico	C21:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,38
Tricosanóico	C23:0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,37
Lignocérico	C24:0	0,00	0,01	0,02	0,01	1,21
Palmitoléico	C16:1 <i>cis</i> 9	0,83a	0,53b	0,62b	0,56b	5,00
Oleico	C18:1	25,48	29,67	28,86	29,13	4,12
Gadoléico	C20:1	0,06b	0,13a	0,07b	0,08b	0,71
Erúico	C22:1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,40
Linolelaídico	C18:2 <i>c9t11</i>	0,58b	0,71b	1,21a	1,21a	5,19
Linoléico	C18:2 <i>c9c12</i>	1,37ab	1,33b	2,19a	2,07ab	7,99
Linolênico	C18:3 <i>n3</i>	0,26ab	0,29a	0,19b	0,26ab	2,81
γ -Linolênico	C18:3 <i>n6</i>	0,03ab	0,04a	0,04ab	0,03b	0,65
Eicosatrienóico	C20:3 <i>n3</i>	0,02b	0,03b	0,04a	0,03ab	0,68
Eicosatrienóico	C20:3 <i>n6</i>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,33
Araquidônico	C20:4	0,28	0,22	0,28	0,23	2,62
Eicosapentaenóico	C20:5	0,02a	0,02a	0,01b	0,01b	0,29
Docosapentaenóico	C22:5	0,06	0,07	0,05	0,04	1,04
Docosahexaenóico	C22:6	0,01ab	0,03a	0,01ab	0,01b	0,73

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

CV – coeficiente de variação; CO – tratamento controle; CA – tratamento canola; GI – tratamento girassol; SO – tratamento soja.

A disponibilidade do ácido esteárico no duodeno no momento da digestão é um dos fatores que regulam a quantidade deste ácido na gordura do leite, além de controlar

a disponibilidade dos ácidos graxos de 4 a 16 carbonos. Todas as dietas apresentavam quantidades semelhantes deste ácido (Tabela 2) mas ele teve sua concentração reduzida nos tratamentos contendo óleos pois estes possuíam maiores quantidades de outros ácidos graxos.

Os teores dos ácidos graxos linolelaídico (C18:2 c9t11), linoleico (C18:2 c9c12), linolênico (C18:3 n3) e γ-linolênico (C18:3 n6) foram influenciados pela adição de óleo nas dietas. As maiores médias de C18:2c9c12 para os tratamentos com óleo de girassol e soja pode ser explicado pelo maior aporte desses ácidos graxos pela dieta (Tabela 2).

Segundo Bomfim et al. (2011), os ácidos graxos insaturados de 18 carbonos que entram no rúmen são convertidos a ácido esteárico (C18:0) por reações de isomerização e hidrogenação. Porém, estas reações são limitadas pelas enzimas responsáveis por este processo. Assim, se há um maior aporte destes ácidos graxos pela dieta, ocorre uma saturação no processo de biohidrogenação, permitindo o escape dos ácidos graxos C18 insaturados sem que sua estrutura seja alterada.

Tabela 6. Médias dos grupos de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional da fração lipídica do iogurte em função dos tratamentos.

Variável (%)	Média Geral	Tratamento				CV
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
AGCC	19,24	21,24	18,70	18,89	18,13	15,07
AGCM	32,02	36,29a	31,04b	29,92b	30,84b	10,09
AGCL	48,23	42,05b	49,86ab	50,68a	50,31ab	10,71
AGS	66,67	69,99	66,06	65,45	65,17	4,45
AGMI	29,47	26,93	30,77	29,98	30,20	9,76
AGPI	3,35	2,67b	2,77b	4,05a	3,92a	16,85
RSI	2,09	2,46	2,01	1,96	1,92	14,21
IA	1,92	2,46a	1,83ab	1,68b	1,69b	24,60
ω3	0,62	0,66	0,66	0,59	0,58	18,15
ω6	1,80	1,43b	1,40b	2,25a	2,12ab	23,74
Rω6:ω3	3,10	2,25c	2,40bc	4,01a	3,73ab	23,11
CLA	0,93	0,58b	0,71b	1,21a	1,21a	24,24
IT	14,53	14,63	14,55	14,24	14,69	15,24
HH	0,85	0,71	0,91	0,91	0,88	18,14

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

CV – coeficiente de variação; AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta; AGCM – Ácidos graxos de cadeia média; AGCL – Ácidos graxos de cadeia longa; AGS – Ácidos Graxos Saturados; AGMI – Ácidos graxos monoinsaturados; AGPI – Ácidos graxos poli-insaturados; RSI – Razão entre ácidos graxos saturados e insaturados; IA – Índice de aterogenicidade $(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)/(\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3)$; Rω-3:ω-6 – Razão entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3; CLA – Ácido linolênico conjugado; IT – Índice de trombogenicidade $(C14:0 + C16:0 + C18:0)/[(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6 + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3/\Sigma \omega 6))]$; HH – Razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos $(C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:5\omega 3 + C22:6\omega 3)/(C14:0 + 16:0)$.

As concentrações de ácidos graxos de cadeia média (AGCM) e longa (AGCL) sofreram alterações devido à inclusão do óleo na dieta dos animais. Elevadas concentrações dos AGCM trazem prejuízos a saúde do consumidor, pois elevam o

conteúdo de colesterol plasmático total (Tholstrup et al., 2004). No presente estudo a proporção de AGCM foi menor nos tratamentos contendo os óleos de canola, girassol e soja e maior no tratamento controle (dieta sem adição de óleo) mostrando que a adição destes óleos melhora o perfil lipídico da gordura do leite e consequentemente do iogurte. Os AGCL por outro lado foram aumentados na gordura do iogurte pela inclusão dos óleos de canola, girassol e soja na dieta das cabras, sendo este também um resultado desejável pois neste grupo está incluso a maioria dos ácidos graxos que trazem benefícios à saúde do consumidor.

As dietas com óleos de girassol e soja proporcionaram maiores teores de ácidos graxos poli-insaturados totais (AGPI) na gordura do leite caprino (Tabela 6). O tratamento com inclusão de óleo de canola não diferiu do controle, possivelmente pela ocorrência da biohidrogenação da maioria dos AGPI dos alimentos ingeridos.

As dietas com inclusão de óleos de girassol e soja proporcionaram redução no índice de aterogenicidade (IA) (Tabela 6). Este índice em conjunto ao índice de trombogenicidade e a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos (IT) e hipercolesterolêmicos (HH) caracterizam o grau de risco da dieta à saúde humana. Dietas com alto IA e IT e baixo HH assumem maior efeito prejudicial à saúde humana. Os resultados da presente pesquisa sugerem uma melhora na qualidade nutricional dos lipídeos da gordura do leite das dietas contendo óleo de girassol e soja em comparação à dieta controle e com óleo de canola.

Observa-se que o leite dos animais que receberam a dieta com óleo de girassol apresentou maiores teores de $\omega 6$, seguido da dieta contendo óleo de soja. O óleo de canola é um produto com baixo teor de $\omega 6$ em sua composição e, consequentemente, a dieta com sua inclusão refletiu esta característica para o produto gerado. Da mesma forma, a dieta controle, por não ter inclusão de óleo, refletiu em um menor teor deste componente no leite dos animais deste tratamento. Estes valores atendem as recomendações da Organização Mundial de Saúde (2008), que sugere entre 1 e 2% de ácidos graxos do grupo ômega 6 do total de lipídeos contidos na dieta.

O balanço $\omega 6/\omega 3$ é um ponto importante a ser considerado quando se trata de consumo de gordura, pois, apesar de essencial, segundo Young et al. (1998), altas concentrações de $\omega 6$ podem favorecer processos inflamatórios que conduzem à arteriosclerose devido à tendência em aumentar a agregação de plaquetas. Sendo assim, quanto menor o valor para esta relação significa que houve um aumento no teor de $\omega 3$ ou redução de $\omega 6$, melhorando a qualidade da gordura dietética com relação à

saúde do consumidor. As dietas com óleos de girassol e soja apresentaram média superior ao tratamento controle para a relação $\omega 6/\omega 3$

O ácido linoleico conjugado (CLA) sofreu influência dos tratamentos. Este foi menor nos tratamentos controle e com óleo de canola, 0,58 e 0,71%, respectivamente, e mais elevado nos tratamentos com os óleos de girassol e soja, 1,21% para ambos, sendo encontrado assim um acréscimo de 80% na concentração de CLA quando comparado o iogurte do tratamento controle com a média de CLA dos iogurtes dos tratamentos com inclusão dos óleos de canola, girassol e soja.

Maia et al. (2006) encontraram aumento de 55% na concentração de CLA na gordura do leite de cabras comparando a dieta controle as com inclusão de óleo vegetal, obtendo médias superiores as encontradas neste estudo.

O CLA é formado no rúmen como um primeiro intermediário da biohidrogenação do ácido linoléico pela enzima linoléico isomerase, proveniente da bactéria anaeróbica *Butyrivibrio fibrisolvens*, que isomeriza o ácido linoléico preferencialmente para as formas cis-9 e trans-11 (Kepler et al., 1966; Parodi, 1977). Este ácido graxo pode também ser sintetizado na glândula mamária por ação da enzima Δ -9 dessaturase sobre o ácido vacênico (C18:1 trans11), outro intermediário da biohidrogenação. Com o maior aporte de ácido linoléico pelas dietas contendo os óleos em questão, há maior formação de CLA no rúmen para absorção intestinal e participação na composição da gordura do leite e também de ácido vacênico para síntese de CLA na glândula mamária. O baixo teor de ácido linoléico (C18:2) no óleo de canola pode ser a causa dos menores teores de CLA em relação aos óleos de girassol e soja, o que promoveu uma aproximação de sua média ao tratamento controle.

Para a análise sensorial constatou-se influência de tratamentos tanto para sabor quanto para consistência (Tabela 7).

Tabela 7. Médias das notas para sabor e consistência do iogurte obtidas por análise sensorial em função dos tratamentos.

Parâmetros	Tratamentos				P
	CO	CA	GI	SO	
Sabor	2,51b	3,25a	2,87ab	2,98ab	0,013*
Consistência	2,33c	3,29a	2,47b	2,85ab	0,000*

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$).

CO – tratamento controle; CA – tratamento canola; GI – tratamento girassol; SO – tratamento soja.

Os iogurtes dos tratamentos com inclusão de óleos de girassol e soja não apresentaram diferença do iogurte do tratamento controle (sem adição de óleo) para o parâmetro sabor, já o iogurte do tratamento com óleo de canola demonstrou diferença. Para a consistência todos os tratamentos com adição de óleo foram diferentes do

tratamento controle, sendo ainda o iogurte do tratamento com óleo de canola o mais discrepante em relação ao controle.

Em uma avaliação geral dos benefícios da adição dos óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabras em lactação, o óleo com o pior desempenho entre os utilizados foi o de canola. Este fato pode estar associado a mudanças no ponto de fusão da gordura e na susceptibilidade a oxidação causadas pela alteração no perfil lipídico.

Conclusões

O iogurte produzido com o leite de cabras alimentadas com dietas contendo 3% de óleos de canola, girassol e soja não apresenta diferenças em sua composição química, porém difere em seu perfil de ácidos graxos.

O óleo de girassol é o que apresenta mais vantagens em relação aos demais óleos estudados, contudo o óleo de soja assemelha-se ao de girassol em vários quesitos, ambos melhoram os índices de qualidade da fração lipídica sem alterar o sabor do iogurte.

Referências

- BOMFIM, M.A.D.; QUEIROGA, R.C.R.E.; AGUILA, M.B.; MEDEIROS, M.C.; FISBERG, M.; RODRIGUES, M.T.; SANTOS, K.M.O.; LANNA, D.P.D. Abordagem multidisciplinar de P,D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.98-106, 2011. (suplemento especial).
- CALDER, P.C. Immunoregulatory and antiinflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.31, p.467-490, 1998.
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, v.82, p.149-169, 2004.
- CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072-1075, 1982.
- COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E.; PEREIRA, R.A.G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2009. (suplemento especial).
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. Arlington: AOAC International, 1995. v.1.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Editora Champagnat, 2013. 536p.
- FERNANDES, M.F.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; BOMFIM, M.A.D.; BRAGA, A.A. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.703-710, 2008.
- FERREIRA, V.L.P.; ALMEIDA, T.C.A.; PETTINELLI, M.L.C.V.; SILVA, M.A.A.P.; CHAVES, J.B.P.; BARBOSA, E.M.M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, PROFÍQUA, 2000. 127p.
- GREYLING, J.P.C.; MMBENGWAA, V.M.; SCHWALBACHA, L.M.J.; MULLERB, T. Comparative milk production potential of indigenous and Boer goats under two feeding systems in South Africa. **Small Ruminant Research**, v.55, p.97-105, 2004.
- GRUNDY, S.M. Monounsaturated fatty acids and cholesterol metabolism: implications for dietary recommendations. **The Journal of Nutrition**, v.119, p.529-533, 1989.
- GULER, G. O.; CAKMAK, Y. S.; ZENGİN, G.; AKTUMSEK, A.; AKYILDİS, K. Fatty Acid Composition and Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Some Commercial Milk in Turkey. **The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine-Kafkas**, v.16, p.37-40, 2010.
- HAENLEIN, G.F.W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v.51, n.1, p.155-163, 2004.

- HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues low-toxicity solvent. **Analitical Biochemistry**, v.90, p.420-426, 1978.
- HARTMAN, L.; LAGO, B.C.A. Rapid preparation of methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, p.475-477, 1973.
- HILLBRICK, G.; AUGUSTIN, M.A. Milk fat characteristics and functionality: opportunities for improvement. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.57, p.45-51, 2002.
- KEPLER, C.R.; HIRONS, K.P.; MCNEILL, J.J.; TOVE, S.B. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid and *Butyrivibrio fibrisolvens*. **The Journal of Biological Chemistry**, v.241, p.1350-1354, 1966.
- MAIA, F.J.; BRANCO, A.F.; MOURO, G.F.; CONEGLIAN, S.M.; SANTOS, G.T.; MINELLA, T.F.; GUIMARÃES, K.C. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1496-1503, 2006.
- MESTAWET, T.A.; GIRMA, A.; ÅDNØY, T.; DEVOLD, T.G.; NARVHUS, J.A.; VEGARUD, G.E. Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat breeds in Ethiopia. **Small Ruminant Research**, v.105, p.176-181, 2012.
- NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 384p.
- PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos, in: BERCELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.), **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p.299-321.
- PARK, Y.W.; JUAREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G.F.W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, p.88-113, 2007.
- PARODI, P.W. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.60, p.1550-1553, 1977.
- QUEIROGA, R.C.R.E.; COSTA, R.G.; BISCONTINI, T.M.B.; MEDEIROS, A.N.; MADRUGA, M.S.; SCHULER, A.R.P. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1-4, 2007.
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Ed.). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.
- RODRIGUES-RUIZ, J.; BELARBI, EI-H.; SÁNCHEZ, J.L.G; ALONSO, D.L. Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses, **Biotechnology Techniques**, v.12, n.9, p. 689-691, 1998.
- ROTA, A.M.; GONZALO, C.; RODRIGUEZ, P.L.; ROJAS, A.I.; MARTÍN, L.; TOVAR, J.J. Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves. **Small Ruminant Research**, v.12, p.211-219, 1993.
- SANTOS, S.F.; BOMFIM, M.A.D.; CÂNDIDO, M.J.D.; SILVA, M.M.C.; PEREIRA, L.P.S.; SOUZA NETO, M.A.; GARRUTI, D.S.; SEVERINO, L.S. Efeito da casca de

- mamona sobre a produção, composição e ácidos graxos do leite de cabra. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.113-122, 2011.
- SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, n.2/3, p.187-194, 2002.
- SRETENOVIĆ, L.J.; PANTELIĆ, V.; NOVAKOVIĆ, Ž. Importance of utilization of omega-3 fatty acids in human and animal nutrition. **Biotechnology in Animal Husbandry**, Belgrade-Zemun, v. 25, n.5-6, p. 439-449, 2009.
- TEITELBAUM, J.E.; WALKER, W.A. Review: The role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.12, p.21-32, 2001.
- THOLSTRUP, T.; EHNHOLM, C.; JAUHAINEN, M.; PETERSEN, M.; HØY, C-E.; LUND, P.; SANDSTRÖM, B. Effects of medium-chain fatty acids and oleic acid on blood lipids, lipoproteins, glucose, insulin, and lipid transfer protein activities. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, n.4, p.564-569, 2004.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. SAEG **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas: manual do usuário**. Versão 9.0. Viçosa, 2000. 142 p.
- YOUNG, V.M.; TOBOREK, M.; YANG, F.; MCCLAIN, C.J.; HENNING, B. Effect of linoleic acid on endothelial cell inflammatory mediators. **Metabolism**, v.47, p.566-572, 1998.

CAPÍTULO 3

Perfil lipídico e análise sensorial da carne de cabritos alimentados com óleos vegetais

Resumo – Objetivou-se avaliar a inclusão de óleos vegetais na dieta de cabritos sobre o desempenho, composição, perfil de ácidos graxos e parâmetros sensoriais da carne. Foram utilizados 48 cabritos da raça Anglo-nubiana e foram testados quatro tratamentos: dieta controle *versus* com inclusão de 2,5% de óleos de canola, girassol e soja. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Os animais foram abatidos com 30 kg de peso vivo e foram avaliados o número de dias para atingir este peso, ganho médio diário, peso vivo ao abate, composição química, perfil de ácidos graxos e parâmetros sensoriais. Não houve influência de tratamento para desempenho, composição química e análise sensorial. O peso vivo ao abate foi maior para o tratamento com óleo de girassol em decorrência da espera para formação de lotes para envio ao abatedouro, acarretando no abate de animais com peso superior a 30 kg. Dentre os ácidos graxos saturados (AGS), somente o caprílico, o palmítico e o heptadecanóico apresentaram diferença para tratamento. O teor total de AGS foi menor para o tratamento com óleo de girassol. Os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) não foram influenciados pela suplementação lipídica. Dentre os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), somente o linoléico foi alterado e apresentou maior média para o tratamento com óleo de girassol. O teor total de AGPI foi maior para a suplementação com óleo de soja, porém semelhante ao tratamento com óleo de girassol. O ômega 3 ($\omega 3$), as relações $\omega 6/\omega 3$, AGMI/AGS e o índice de trombogenicidade (IT) não foram influenciados pela suplementação lipídica. O teor de $\omega 6$ foi maior com a inclusão de óleo de girassol, o teor de ácido linoléico conjugado (CLA), o índice de aterogenicidade (IA) e a relação hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico (HH) foram melhores com a inclusão de óleos de girassol e soja. Para os parâmetros sensoriais aroma, sabor, maciês e suculência os tratamentos não diferiram. A suplementação com óleos vegetais melhora o perfil de ácidos graxos sem prejudicar o desempenho, a composição química, e os parâmetros sensoriais da carne de cabritos.

Termos para indexação: ácidos graxos, ácido linoleico conjugado, alimento funcional, Anglo-nubiano, *Capra hircus*.

Lipid profile and sensory evaluation of meat from goats fed vegetable oils

Abstract – This study aimed to evaluate the inclusion of vegetable oils in the diet of goats on performance, composition, fatty acid profile and sensory parameters of meat. A total of 48 Anglo-Nubian goats was tested on four treatments: control diet versus with inclusion of 2.5% of canola, sunflower and soybean oil. The experimental design was completely randomized. The animals were slaughtered at 30 kg of live weight and were evaluated the number of days to achieve this weight, average daily gain, live weight at slaughter, chemical composition, fatty acid profile and sensory parameters. There was no effect of treatment for performance, chemical composition and sensory analysis. The live weight at slaughter was higher for treatment with sunflower oil as a result of waiting for forming lots to be sent to slaughter, resulting in the slaughter of animals weighing more than 30 kg. Among the saturated fatty acids (SFA), only caprylic, palmitic and the heptadecanoic showed differences for treatment. The total content of SFA was lower for the treatment with sunflower oil. Monounsaturated fatty acids (MUFA) were not influenced by lipid supplementation. Among the polyunsaturated fatty acids (PUFA), only linoleic has changed and had higher mean for treatment with sunflower oil. The total content of PUFA was higher in soybean oil supplementation, but similar to the treatment with sunflower oil. The omega-3 ($\omega 3$), the relations $\omega 6/\omega 3$, MUFA/SFA and the thrombogenicity index (IT) were not influenced by lipid supplementation. The $\omega 6$ content was higher in the presence of sunflower oil, the conjugated linoleic acid content (CLA), the atherogenicity index (IA) and the relative hypocholesterolemic/hypercholesterolemic (HH) were better with the addition of sunflower and soybean oil. For sensory parameters aroma, flavor, tenderness and juiciness treatments did not differ. Supplementation with vegetable oils improves the profile of fatty acids without harm performance, chemical composition, and sensory parameters of goat's meat.

Index terms: Anglo-Nubian, *Capra hircus*, conjugated linoleic acid, fatty acids, functional food.

Introdução

A carne é uma das maiores fontes de proteína e energia da dieta humana, porém devido ao elevado teor de gorduras saturadas, tem sido associada a doenças, como cânceres e distúrbios cardiovasculares, portanto, o empenho em alterar a composição em ácidos graxos para torná-la mais saudável, tem aumentado nos últimos anos, principalmente por pessoas interessadas em manter uma alimentação equilibrada.

Quando comparada a outras carnes vermelhas, como a bovina e a ovina, a carne caprina tem sido considerada um produto promissor e com elevado potencial de expansão de consumo, em decorrência de sua composição, já que apresenta quantidades semelhantes em proteína e ferro, porém, menores quantidades de gordura, o que resulta em menor proporção de gordura saturada e calorias (Malan, 2000), além de menores níveis de colesterol (Madruga, 2001).

A suplementação com óleos vegetais tem sido bastante estudada como maneira de, além de elevar a densidade energética da dieta, melhorar o perfil de ácidos graxos da carne e do leite de ruminantes, pois estes óleos contêm uma alta proporção de ácidos graxos insaturados em relação aos saturados e uma digestibilidade aparente mais alta que as fontes lipídicas de origem animal (Costa et al., 2009) e, conseqüentemente produzem efeitos diferentes no perfil lipídico dos produtos gerados.

Os lipídeos influenciam diretamente nas qualidades nutricionais, sensoriais e de conservação da carne, por suas propriedades físicas e químicas. Os ácidos graxos saturados se solidificam após o cozimento, influenciando a palatabilidade da carne e os ácidos graxos insaturados alteram a vida de prateleira do produto (Banskalieva et al., 2000; Wood et al., 2003).

Um dos entraves para a utilização de óleos vegetais na dieta de ruminantes é o processo de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados, o que, de acordo com Doreau et al. (2011), promove uma diferença na composição entre os ácidos graxos absorvidos e a do alimento consumido pelos animais. Assim, as estratégias para modificação do perfil de ácidos graxos de produtos oriundos de ruminantes envolvem a manipulação no processo de biohidrogenação ruminal de forma a permitir a passagem e absorção de ácidos graxos desejáveis para compor o produto final.

A inclusão de fontes lipídicas no concentrado satura o sistema enzimático da biohidrogenação e permitem o “escape” de ácidos graxos C18 e seus intermediários da biohidrogenação (CLA e ácido vacênico) para absorção intestinal (Bomfim et al. 2011).

Com a hipótese de que a inclusão de óleos de origem vegetal pode alterar as características da carne, foi conduzido o presente estudo com o objetivo de se avaliar a composição química, o perfil de ácidos graxos e realizar a análise sensorial da carne de cabritos alimentados com óleos de canola (*Brassica napus* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e soja (*Glycine max* L.).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unesp – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu/SP, na Área de Produção de Caprinos, localizada na Fazenda Lageado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, protocolo nº 29/2012 - CEUA.

Os cabritos utilizados neste experimento foram gerados de cabras puras da raça Anglo-nubiana, que um mês antes do parto, foram submetidas a quatro dietas experimentais: dieta controle, dieta com inclusão de 3% de óleo de canola, dieta com inclusão de 3% de óleo de girassol e dieta com inclusão de 3% de óleo de soja. Os cabritos nascidos permaneceram no mesmo tratamento de suas mães.

Foram utilizados 48 cabritos puros da raça Anglo-nubiana com a seguinte distribuição entre os tratamentos: 10, 12, 14 e 12 animais para os tratamentos controle, canola, girassol e soja respectivamente. Após o nascimento, os cabritos tiveram seus pesos registrados, receberam o tratamento do cordão umbilical, foram identificados e receberam colostro da própria mãe. Após estes procedimentos os animais foram distribuídos em baias coletivas de acordo com os tratamentos.

Os cabritos receberam o leite das respectivas mães duas vezes ao dia, às 7h00m e às 15h00m, por trinta dias e, após este período, foram amamentados uma vez ao dia, às 7h00m, até completarem sessenta dias de vida, quando foram desmamados. A partir da segunda semana de vida foi disponibilizado concentrado inicial e feno de *Coast cross* à vontade.

A partir da segunda semana de vida disponibilizou-se a esses animais concentrado inicial à vontade composto por 78% de milho, 18% de farelo de soja, 1,5% de farelo de trigo, 1,5% de calcário, 1% de mistura mineral, formulado para atender as exigências.

Após a desmama, os cabritos passaram a receber as dietas experimentais, as quais foram formuladas pelo Sistema de Proteína e Carboidratos Líquidos de Cornell for Sheep – CNCPS (Cannas et al., 2004), calculadas por meio do programa Small Ruminant Nutrition System (SRNS), segundo as recomendações do NRC (2007) para serem isoproteicas e isoenergéticas e atenderem as exigências de cabritos em crescimento e ganho de 200 g/dia. As dietas eram compostas por 20% de feno de *Coast cross* e 80% de concentrado. A quantidade de alimento fornecido era ajustada diariamente, de forma a permitir 10% de sobras no cocho. Foram testados quatro tratamentos: dieta controle *versus* com inclusão de 2,5% de óleos de canola, girassol e

soja. As proporções dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais e dos ingredientes estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e químico-bromatológica (% MS) das dietas.

Ingredientes	Dietas	
	Controle	Óleo
Feno de <i>Coast cross</i>	20,00	20,00
Milho	64,85	47,07
Farelo de soja	11,40	8,86
Farelo de trigo	0,00	17,84
Calcário	1,27	1,27
Mistura mineral ¹	1,52	1,52
Cloreto de amônio	0,51	0,51
Monensina	0,44	0,44
Óleo ²	0,00	2,50
Componentes		
Matéria seca	84,74	85,44
Matéria mineral	0,14	0,18
Proteína metabolizável	12,45	12,95
Extrato etéreo	3,04	6,0
Fibra em detergente neutro	33,01	36,80
Fibra em detergente ácido	11,18	13,63
Celulose	10,91	12,38
Lignina	1,26	3,66
Nutrientes digestíveis totais	83,98	83,95

¹ Composição (quantidade/quilo de produto): cálcio 200 g; fósforo 70 g; flúor 700 mg; sódio 100 g; enxofre 10 g; magnésio 5000 mg; cobalto 25 mg; cobre 440 mg; cromo 6 mg; ferro 340 mg; iodo 48 mg; manganês 1480 mg; selênio 20 mg; zinco 3010 mg; vitamina A 250000 UI; vitamina D3 40000 UI; vitamina E 350 UI.

² Inclusão de 2,5% de óleo de canola, girassol ou soja.

Para análise da composição química, foram colhidas amostras de cada ingrediente na fábrica de ração cada vez que os concentrados foram preparados e, das dietas, após incorporação do respectivo óleo e do feno no concentrado. As amostras de aproximadamente 200g eram colhidas, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas até o momento da análise. Paulista, campus de Botucatu/SP, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Laboratório de Bromatologia.

Após o descongelamento em temperatura ambiente, as amostras foram secas a 55°C em estufa de ventilação forçada até atingir peso constante, e, em seguida, processadas em moinho tipo faca com peneira de malha 1 mm e acondicionadas em sacos plásticos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), celulose (Cel) e lignina (Lig) segundo A.O.A.C. International (Cuniff, 1995) enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) e

fibra em detergente ácido (FDA) seguiram a metodologia proposta por Robertson e Van Soest (1981).

Foi determinado o perfil dos principais ácidos graxos dos óleos e das dietas experimentais que foram extraídos segundo a metodologia de Rodrigues-Ruiz et al. (1998) (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração percentual dos principais ácidos graxos das dietas.

Ácido Graxo (%)	Símbolo	Dietas			
		Controle	Canola	Girassol	Soja
Mirístico	C14:0	0,10	0,10	0,11	0,11
Palmítico	C16:0	16,64	11,80	13,35	9,88
Estearico	C18:0	2,63	2,42	2,94	2,95
Oleico	C18:1	33,44	44,88	31,68	31,71
Linoleico	C18:2	43,73	34,22	48,62	50,22
Linolênico ω 6	C18:3	0,00	0,50	0,27	0,12
Linolênico ω 3	C18:3	1,72	3,61	1,38	3,12
Outros	-	1,17	1,61	1,28	1,32

Os cabritos foram pesados ao desmame e semanalmente até atingir 30 kg de peso vivo, em torno de 9 meses de idade. Ao atingir o peso de abate, após jejum de sólidos de 16 horas e nova pesagem, os cabritos foram abatidos em frigorífico comercial, após insensibilização por eletronarcose, obedecendo ao fluxo normal do estabelecimento.

Imediatamente após o abate as carcaças foram resfriadas por 24 horas a 4°C, após este período foram divididas longitudinalmente e a metade esquerda foi dividida em cinco cortes segundo as metodologias de Yañes (2002) e Pereira Filho (2003): perna, separada entre a penúltima e última vértebra lombar; lombo, separado entre a primeira e a penúltima vértebra lombar, com a parede abdominal; paleta, região da escápula, úmero, radio, ulna e carpo; costelas, entre a última vértebra cervical e a primeira vértebra torácica e pescoço, região correspondente às sete vértebras cervicais.

O músculo *Longissimus lumborum* foi separado e utilizado para as análises de composição química, perfil de ácidos graxos e análise sensorial, na UNESP – Universidade Estadual Paulista, câmpus de Botucatu/SP, Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Laboratório de Tecnologia da Carne. Essas amostras de músculo permaneceram congeladas a -18°C por 2 meses, respeitando o período máximo de 4 meses. Para avaliação da composição química e perfil de ácidos graxos as amostras foram descongeladas, tiveram a gordura subcutânea e tecido conjuntivo removidos e foram trituradas em processador para obtenção de uma massa homogênea.

Foram avaliados os teores de umidade, extrato etéreo, resíduo mineral fixo e proteína da carne segundo as metodologias da A.O.A.C (2007). Para umidade foi utilizado o método 39.1.02, para extrato etéreo o item 30.1.05, para resíduo mineral fixo o item 39.1.09. Para proteína foi utilizado o método Kjeldahl-micro, 39.1.19 da A.O.A.C (2007) para determinação do nitrogênio total. A proteína foi calculada em função dos teores de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25.

Para avaliação do perfil de ácidos graxos, os lipídios foram extraídos com clorofórmio/metanol (2:1) segundo a metodologia de Folch et al. (1957). A análise dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo gasoso (Shimadzu, modelo GC – 17A), equipado com detector de ionização de chama, injetor “Split/splitless”, coluna capilar de sílica fundida contendo polietilenoglicol como fase estacionária (DB-Wax, 60m x 0,25mm, J&W Scientific), nas seguintes condições cromatográficas: temperatura do injetor 230°C. A temperatura inicial da coluna foi de 80°C por 2 minutos a uma taxa de 3°C por minuto, sendo então elevada para 180°C a uma taxa de 30°C/minutos, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos, e, após esse tempo, elevada para 200°C a uma taxa de 3°C/minuto, permanecendo nesta temperatura por 108 minutos. A temperatura do detector foi de 240°C, gás de arraste utilizado foi o hélio com fluxo total de 8,0 mL/min; e a razão de divisão de amostra 1:50. Para identificação dos ácidos graxos compararam-se os tempos de retenção com os dos padrões ésteres metílicos (Sigma-Aldrich), enquanto a quantificação foi realizada pela normalização de área e os resultados expressos em percentual de área de cada ácido sobre a área total de ácidos graxos (%), segundo a metodologia de Hartman e Lago (1973).

A partir do perfil de ácidos graxos obtido foram determinados os teores totais de $\omega 3$ (ômega 3), $\omega 6$ (ômega 6), CLA (ácido linoléico conjugado), ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e as relações $\omega 6/\omega 3$, AGMI/AGS, AGPI/AGS. Foram determinados também os índices de qualidade nutricional da fração lipídica: índice de aterogenicidade (IA), por meio da fórmula $[(C12:0 + (4 * C14:0) + C16:0)] / (AGMI + \omega 6 + \omega 3)$, índice de trombogenicidade (IT), por meio da fórmula $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 * AGMI) + (0,5 * \omega 6) + (3 * \omega 3) + (\omega 3/\omega 6)]$, ambas segundo Ulbricht e Southgate (1991), e a relação de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH), por meio da fórmula $(C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:6\omega 3) / (C14:0 + C16:0)$, segundo Santos-Silva et al. (2002).

Para a análise sensorial foram selecionados aleatoriamente músculos *L. lumborum* de uma fêmea e um macho de cada um dos tratamentos. Após serem descongeladas por 24h a 4°C, as amostras de músculo foram cortadas em cubos de aproximadamente 1,9 cm de lado (Jeremiah et al., 1997), que foram em seguida cozidos em banho-maria a 85°C por 40 minutos. Estas amostras foram avaliadas por 20 voluntários não treinados e cada avaliador recebeu uma amostra de cada tratamento, totalizando 4 amostras e foi solicitado que avaliassem as amostras quanto ao aroma e ao sabor utilizando uma escala não estruturada de 9 pontos (1: sem aroma/sabor até 9: aroma/sabor forte) e quanto a maciez e a suculência por meio de uma escala estruturada também de 9 pontos (1: macia/seca até 9: dura/suculenta).

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Os resultados do perfil de ácidos graxos e composição química foram submetidos à análise de variância (Modelo I) e processados pelo SAEG (UFV, 2000). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Os dados da análise sensorial foram analisados por meio do teste de Kruskal-Wallis por meio do software Minitab16®.

$$\text{Modelo I} \quad Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = valor observado da característica do animal pertencente ao bloco j do tratamento i;

μ = constante inerente a todas as observações;

T_i = efeito do tratamento i, sendo i = 1: inclusão de 2,5% óleo de canola; 2: inclusão de 2,5% óleo de soja; 3: inclusão de 2,5% óleo de girassol e 4: controle;

e_{ij} = erro aleatório atribuído à observação Y_{ij} .

Resultados e Discussões

O consumo de alimento variou de 0,668 kg/animal/dia no tratamento com inclusão de óleo de canola a 0,799 kg/animal/dia no tratamento com óleo de girassol.

O tempo para os cabritos atingirem o peso pré-determinado para abate (30 kg) foi superior ao que se era esperado (150-180 dias) e isto ocorreu em função do baixo ganho de peso médio diário (GMD) (Tabela 3). Embora as dietas tenham sido formuladas para ganho de 200g/dia os cabritos não atenderam às expectativas por terem sido acometidos por uma enfermidade nos primeiros meses de vida, o que prejudicou o ganho de peso na fase em que este é mais acentuado, entretanto, apesar do GMD ter apresentado valor abaixo do esperado, não houve influência das dietas experimentais para esta característica.

Tabela 3. Desempenho dos cabritos em função dos tratamentos.

Variável	Média Geral	Tratamento				CV
		Canola	Girassol	Soja	Controle	
D30 (dias)	282	319	295	277	239	27,35
GMD (kg)	0,107	0,091	0,106	0,107	0,124	29,0
PVA (kg)	31,16	29,74b	32,91a	30,82ab	31,31ab	6,97

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).
CV – coeficiente de variação; PVA – peso vivo ao abate; D30 – dias para atingir o peso de 30 kg; GMD – ganho de peso médio diário.

As diferenças observadas entre os tratamentos para o peso vivo ao abate (PVA) são em decorrência da espera para formação de lotes de animais para serem enviados ao abatedouro, fato que promoveu o abate de alguns animais com peso acima de 30 kg e, conseqüentemente, ao aumento da média de peso, principalmente no tratamento com óleo de girassol.

Não foram encontradas diferenças entre tratamentos para composição química da carne, os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Composição química da carne em função dos tratamentos.

Variável (%)	Média Geral	Tratamento				CV
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
Umidade	74,41	74,32	74,20	74,66	74,47	1,45
Proteína	21,79	21,81	21,85	21,67	21,83	4,08
Gordura	2,98	3,30	3,19	2,78	2,66	35,39
Cinzas	1,10	1,08	1,11	1,11	1,10	9,25

CV – coeficiente de variação.

Os valores de umidade, proteína, gordura e cinzas deste estudo estão dentro dos descritos pela literatura, que estão entre 70,80 e 80,25% para umidade, 18,50 e 23,82% para proteína, 1,12 e 8,52% para extrato etéreo e 0,79 e 1,60% para cinzas

(Beserra et al., 2000, 2004; Dhanda et al., 1999, 2003; Madruga et al., 1999, 2001, 2008; Silva, 2005).

Najafi et al. (2012), trabalharam com a inclusão de óleos de palma, soja e peixe na dieta de cabritos abatidos aos 5 meses de idade, e não observaram diferenças na composição da carne quanto a umidade, proteína, cinzas e gordura, com valores semelhantes aos encontrados no presente estudo, tendo os óleos de soja e peixe altas concentrações de ácidos graxos insaturados assim como os óleos de canola, girassol e soja utilizados.

No perfil de ácidos graxos do músculo *L. lumborum* dos cabritos experimentais foram identificados 36 ácidos graxos dos quais os mais abundantes foram o oléico (C18:1n9c), com média 37,58%, o palmítico (C16:0), com 24,06% e o esteárico (C18:0), com 17,03%, similares aos encontrados na literatura (Castro et al., 2005; Manso et al., 2009).

Dentre os ácidos graxos saturados, somente o ácido caprílico (C8:0), o palmítico (C16:0) e o heptadecanóico (C17:0) apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabela 5) e, destes, somente o palmítico apresenta importância para a saúde do consumidor, uma vez que é considerado um ácido graxo hipercolesterolêmico. Dessa forma, a inclusão de óleos de girassol e soja na dieta de cabritos melhorou a qualidade do perfil lipídico da carne, reduzindo o teor de ácido palmítico, o que, normalmente ocorre quando se fornece lipídeos ricos em ácidos graxos insaturados na dieta dos animais (Bessa et al., 2005; Boles et al., 2005).

Em função dessas alterações, o teor total de AGS foi reduzido na carne dos animais que receberam óleo de girassol na alimentação, enquanto que estatisticamente as médias dos tratamentos com óleos de canola e soja foram semelhantes às do tratamento com óleo de girassol e controle.

As quantidades dos ácidos graxos encontrados na carne (Tabela 5) estão de acordo com a ordem proporcional descrita por Banskalieva et al. (2000), em que o ácido oleico (C18:1) está presente em maior quantidade, seguido pelos ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) e linoleico (C18:2).

Dos ácidos graxos monoinsaturados encontrados, nenhum apresentou diferença significativa para os tratamentos testados justificando a ausência de diferença na quantidade total de AGMI.

Tabela 5. Concentração percentual dos ácidos graxos da carne em função dos tratamentos.

Ácido Graxo (%)	Símbolo	Tratamento				CV
		CO	CA	GI	SO	
Capróico	C6:0	0,03	0,04	0,05	0,04	2,29
Caprílico	C8:0	0,07ab	0,14a	0,08ab	0,07b	3,78
Cáprico	C10:0	0,04	0,01	0,03	0,04	1,68
Láurico	C12:0	0,01	0,01	0,02	0,02	1,09
Tridecanóico	C13:0	0,11	0,11	0,10	0,10	1,43
Mirístico	C14:0	2,75	2,57	2,15	2,25	8,30
Palmítico	C16:0	26,09a	24,44ab	22,79b	22,92b	4,53
Margárico	C17:0	2,98a	1,78b	1,74b	1,60b	10,45
Estearico	C18:0	17,12	17,24	15,94	17,81	13,57
Araquídico	C20:0	0,37	0,36	0,37	0,30	7,49
Heneicosanóico	C21:0	0,02	0,02	0,38	0,06	19,20
Behênico	C22:0	0,00	0,02	0,27	0,01	13,00
Tricosanóico	C23:0	0,11	0,24	0,09	0,04	15,43
Palmitoléico	C16:1	3,17	2,54	2,42	2,31	13,75
Heptadecenóico	C17:1	0,01	0,01	0,07	0,01	5,42
Oleico	C18:1	36,19	39,09	37,91	37,13	6,33
Gadoléico	C20:1	0,54	0,70	0,64	0,56	11,52
Erúcico	C22:1 <i>n9</i>	0,08	0,09	0,26	0,09	9,14
Nervônico	C24:1	0,07	0,01	0,35	0,02	15,39
Linoleico	C18:2	4,46c	5,03bc	6,93a	6,87ab	11,98
Eicosadienóico	C20:2	0,28	0,15	0,32	1,28	32,78
Docosadienóico	C22:2	0,14	0,15	0,08	0,01	12,96
Linolênico	C18:3 <i>n3</i>	0,20	0,16	0,19	0,21	7,64
γ-Linolênico	C18:3 <i>n6</i>	0,16	0,03	0,31	0,13	13,28
Eicosatrienóico	C20:3 <i>n3</i>	0,38	0,77	0,47	0,72	23,08
Eicosatrienóico	C20:3 <i>n6</i>	0,61	0,81	1,03	0,71	19,77
Araquidônico	C20:4 <i>n6</i>	1,42	1,43	1,74	1,62	10,81
Eicosapentaenóico	C20:5 <i>n3</i>	0,84	0,46	0,43	0,66	15,98

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

CV – coeficiente de variação; CO – tratamento controle; CA – tratamento canola; GI – tratamento girassol; SO – tratamento soja.

Em relação aos poli-insaturados (Tabela 5), foi observada alteração somente nos teores de ácido linoleico (C18:2), cuja menor média foi observada para o tratamento controle e a maior média para o tratamento com inclusão de óleo de girassol. As médias dos tratamentos com óleo de soja, girassol e canola foram semelhantes e este último apresentou média também semelhante ao tratamento controle. As dietas com óleo de girassol e soja apresentam em sua composição um teor de C18:2 mais elevado em comparação às dietas controle e com inclusão de óleo de canola, explicando as médias semelhantes e maiores para estes tratamentos.

Os índices (Tabela 6), ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), ômega-6 ($\omega 6$), ácido linoleico conjugado (CLA), razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados (AGPI/AGS), índice de aterogenicidade (IA) e razão

entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH), apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Para ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), as dietas controle e com inclusão de óleo de canola e girassol apresentaram médias semelhantes e menores, exceto para o tratamento girassol que foi semelhante também ao tratamento com óleo de soja. Este resultado pode ser explicado pelo teor de ácido linoléico (C18:2), único AGPI que foi alterado entre os tratamentos, que, por apresentar teor mais elevado nos tratamentos com óleos de girassol e soja, promoveu um maior teor de AGPI total para esses tratamentos.

Tabela 6. Médias dos grupos de ácidos graxos e índices de qualidade nutricional da fração lipídica da carne em função dos tratamentos.

Variável (%)	Média Geral	Tratamento				CV
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
AGS	46,50	49,71a	46,99ab	44,04b	45,25ab	4,67
AGMI	41,36	40,35	42,65	41,91	40,54	5,65
AGPI	10,56	8,75b	9,07b	11,79ab	12,63a	11,92
ômega-3	1,44	1,48	1,41	1,20	1,68	18,69
ômega-6	8,51	6,85c	7,36bc	10,19a	9,66ab	11,81
CLA	6,01	4,66b	5,08b	7,10a	7,19a	11,50
AGMI/AGS	0,90	0,84	0,91	0,96	0,91	4,15
AGPI/AGS	0,23	0,18c	0,19bc	0,27ab	0,28a	3,05
$\omega 6/\omega 3$	8,27	6,35	6,46	11,27	8,98	27,33
IA	0,67	0,78a	0,68ab	0,59b	0,62b	3,38
IT	1,52	1,72	1,52	1,38	1,47	7,10
HH	1,76	1,51b	1,73ab	1,92a	1,87a	5,05

Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CV – coeficiente de variação; AGS – Ácidos Graxos Saturados; AGMI – Ácidos graxos monoinsaturados; AGPI – Ácidos graxos poli-insaturados; IA – Índice de aterogenicidade ($C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0$)/($\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3$); $\omega 6/\omega 3$ – Razão entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3; CLA – Ácido linolênico conjugado; IT – Índice de trombogenicidade ($C14:0 + C16:0 + C18:0$)/[($0,5 \times \Sigma AGMI$) + ($0,5 \times \Sigma \omega 6$) + ($3 \times \Sigma \omega 3$) + ($\Sigma \omega 3/\Sigma \omega 6$)]; HH – Razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos ($C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:5\omega 3 + C22:6\omega 3$)/($C14:0 + 16:0$).

Os teores de $\omega 3$ não foram influenciados pelos tratamentos, entretanto, para $\omega 6$ o tratamento com óleo de girassol proporcionou maior média em relação aos demais pelo fato do maior aporte pela dieta, pois o óleo de girassol é um componente rico neste ácido graxo. O óleo de soja é também um produto com quantidade relevante de $\omega 6$ e por isso assemelhou-se ao tratamento com óleo de girassol porém também ao tratamento com óleo de canola. Em função do menor conteúdo de $\omega 6$, os tratamentos controle e canola apresentaram médias semelhantes sendo, a média mais baixa em comparação à todos os tratamentos, observada para o tratamento controle.

Apesar de essenciais, os ácidos graxos do grupo $\omega 3$ e $\omega 6$ devem estar em proporção adequada no alimento e/ou na dieta, pois o excesso de $\omega 6$ promove a

produção de eicosanóides com forte tendência trombótica, predispondo o consumidor a doenças coronárias (Enser et al., 2000). Nesse aspecto, os óleos de girassol e soja não apresentaram bons efeitos sobre a qualidade da carne.

O teor total de CLA foi aumentado na carne quando houve inclusão de óleos de girassol e soja na dieta dos cabritos. Isso se deve ao fato destes óleos conterem teor de ácido linoléico, precursor do CLA, maior que o óleo de canola e a dieta controle. Dessa forma, quando se deseja aumentar o teor de CLA na carne de ruminantes, os óleos de girassol e soja são os mais indicados.

A relação AGMI/AGS não apresentou diferença entre os tratamentos, possivelmente porque as pequenas diferenças observadas no teor total de AGS não foram suficientes para promover alteração para esta relação, uma vez que o teor total de AGMI não foi modificado pelas dietas. Contudo, para a relação AGPI/AGS, a maior média foi observada para o tratamento com óleo de soja e a menor para o tratamento controle e as variações existentes entre os quatro tratamentos refletem quase que exatamente as variações observadas nos teores de AGPI totais.

A inclusão de óleos de girassol e soja promoveram um melhor resultado em relação aos índices de qualidade da fração lipídica, com redução nos valores de IA e aumento nos valores de HH. Para estas características, o tratamento controle apresentou o pior resultado e a inclusão de óleo de canola promoveu resultados semelhantes a todos os tratamentos.

O IT não diferiu entre os tratamentos avaliados talvez pela ausência de diferença nos valores de AGMI, $\omega 3$ e $\omega 6/\omega 3$.

A explicação para as reduções das concentrações de ácidos graxos saturados e aumento dos insaturados na carne dos cabritos recebendo as dietas contendo óleos de canola, girassol, e soja é o elevado teor de ácidos graxos insaturados apresentado por estes óleos. Devido as maiores quantidades de ácidos graxos insaturados ingeridas pelos animais das dietas contendo os óleos, as bactérias ruminais não são capazes de realizar a biohidrogenação de todas as moléculas, sendo assim, uma parte destas escapam do processo e chegam intactas ao intestino delgado, onde são absorvidas e posteriormente incorporadas ao tecido muscular do animal.

Para análise sensorial (Tabela 7), não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para os parâmetros avaliados: aroma, sabor, maciez e suculência, indicando que a adição dos óleos de canola, girassol ou soja na alimentação dos animais não exerce influência nas características sensoriais analisadas.

Tabela 7. Médias das notas para aroma, sabor, maciez e suculência da carne obtidas por análise sensorial em função dos tratamentos.

Parâmetro	Média Geral	Tratamento			
		Controle	Canola	Girassol	Soja
Aroma	4,59	4,52	4,78	4,44	4,62
Sabor	4,17	4,11	4,57	3,99	4,00
Maciez	4,50	4,15	4,70	4,50	4,65
Suculência	5,00	5,05	5,05	5,05	4,85

Marinova et al. (2001) trabalharam com os efeitos da adição de 2,5% de óleo de girassol na dieta de cabritos e não observaram diferenças significativas na composição da carne e Roy et al. (2013) não encontraram efeitos na composição da carne de cabritos alimentados com dietas contendo 6,7% de óleo de girassol ou soja, estes resultados ressaltam a importância de maiores estudos sobre a proporção ideal de óleos a serem usados na dieta de ruminantes visando alterações na composição e características sensoriais da carne.

Conclusões

A alimentação de caprinos em confinamento com óleos de canola, girassol e soja não altera a composição química e as características sensoriais da carne, porém tem efeito sobre o perfil de ácidos graxos, sendo os óleos de girassol e soja os mais indicados, tendo estes apresentado o maior número de benefícios quanto ao perfil lipídico, fornecendo ao mercado consumidor um produto com características funcionais.

As principais melhorias foram, quando comparados ao tratamento controle (sem inclusão de óleo), a redução da quantidade de ácidos graxos saturados no tratamento com adição de óleo de girassol, a redução do índice de aterogenicidade para os tratamentos com óleo de girassol e soja, o aumento da quantidade de ácidos graxos poli-insaturados na carne dos animais do tratamento com óleo de soja e o aumento da porcentagem de ácido linoleico conjugado nos tratamentos com óleo de girassol e soja.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis**. 18th 12ed. Arlington: AOAC International, 2007.
- BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A.L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. **Small Ruminant Research**, v.37, n.3, p.255-268, 2000.
- BESERRA, F.J.; MONTE, A.L.S.; BEZERRA, L.C.N.M.; NASSU, R.T. Caracterização química da carne de cabritos da raça Moxotó e de cruzas Pardo Alpina x Moxotó. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.171-177, 2000.
- BESERRA, F.J.; MADRUGA, M.S.; LEITE, A.M.; SILVA, E.M.C.; MAIA, E.L. Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. **Small Ruminant Research**, v.55, p.177-181, 2004.
- BESSA, R.J.; PORTUGAL, P.V.; MENDES, I.A.; SANTOS-SILVA, J. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. **Livestock Production Science**, v.96, n.2/3, p.185-194, 2005.
- BOLES, J.A.; KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. **Journal of Animal Science**, v.83, n.9, p.2175-2181, 2005.
- BOMFIM, M.A.D.; QUEIROGA, R.C.R.E.; AGUILA, M.B.; MEDEIROS, M.C.; FISBERG, M.; RODRIGUES, M.T.; SANTOS, K.M.O.; LANNA, D.P.D. Abordagem multidisciplinar de P,D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.98-106, 2011. (suplemento especial).
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, v.82, p.149-169, 2004.
- CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECÓN, A.R.; GUIRAO, J.; JIMENO, V. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. **Meat Science**, v.69, n.4, p.757-764, 2005.
- COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E.; PEREIRA, R.A.G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2009. (suplemento especial).
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. Arlington: AOAC International, 1995. v.1.
- DHANDA, J.S.; TAYLOR, D.G.; MCCOSKER, J.E.; MURRAY, P.J. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. **Meat Science**, v.52, p.355-361, 1999.
- DHANDA, J.S.; TAYLOR, D.G.; MURRAY, M.J. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and live weight at slaughter. **Small Ruminant Research**, v.50, p.57-66, 2003.

- DOREAU, M.; BAUCHART, D.; CHILLIARD, Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. **Animal Production Science**, v.51, p.19-29, 2011.
- ENSER, M.; RICHARDSON, R.I.; WOOD, J.D.; Gill, B.P.; Sheard, P.R. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. **Meat Science**, v.55, p.201-212, 2000.
- FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.
- HARTMAN, L.; LAGO, B.C.A. Rapid preparation of methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, p.475-477, 1973.
- JEREMIAH, L.E.; TONG, A.K.W.; GIBSON, L.L. Hot-Boning, Elevated Temperature Conditioning, and Vacuum Packaged Aging Influences on Lamb Cooking Losses and Palatability. **Journal of Food Science**, v.62, n.5, p.1026-1027, 1997.
- MADRUGA, M.S.; ARRUDA, S.G.B.; NASCIMENTO, J.A. Castration and slaughter age effects on nutritive value of the "Mestiço" goat meat. **Meat Science**, v.52, p.119-125, 1999.
- MADRUGA, M.S.; NARAIN, N.; SOUZA, J.G.; COSTA, R.G. Castration and slaughter age effects on fat components of "Mestiço" goat meat. **Small Ruminant Research**, v.42, p.77-82, 2001.
- MADRUGA, M.S.; GALVÃO, M.S.; COSTA, R.G.; BELTRÃO, S.E.S.; SANTOS, N.M.; CARVALHO, F.M.; VIARO, V.D. Perfil aromático e qualidade química da carne de caprinos Saanen alimentados com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.936-943, 2008.
- MALAN, S.W. The improved Boer goat. **Small Ruminant Research**, v.36, p.165-170, 2000.
- MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T.; JIMENO, V.; MANTECON, A.R. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, v.83, n.3, p.511-516, 2009.
- MARINOVA, P.; BANSKALIEVA, V.; ALEXANDROV, S. Carcass composition and meat quality of kids fed sunflower oil supplemented diet. **Small Ruminant Research**, v.42, p.219-227, 2001.
- NAJAFI, M.H.; ZEINOALDINI, S.; GANJKHANLOU, M.; MOHAMMADI, H.; HOPKINS, D.L.; PONNAMPALAM, E.N. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil. **Meat science**, v.92, n.4, p.848-854, 2012.
- NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 384p.
- PEREIRA FILHO, J.M. **Estudo do crescimento alométrico e das características de carcaça e impacto econômico da restrição alimentar de cabritos F1 Boer x Saanen**. 2003. 85f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Ed.). **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.
- ROY, A., MANDAL, G.P., PATRA, A.K. Evaluating the performance, carcass traits and conjugated linoleic acid content in muscle and adipose tissues of Black Bengal goats fed soybean oil and sunflower oil. **Animal Feed Science and Technology**, v.185, n.1–2, p.43–52, 2013.
- SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, n.2/3, p.187-194, 2002.
- SILVA, K.T. **Desempenho, digestibilidade e características de carcaças de cabritos mestiços Boer x Saanen confinados, recebendo rações com diferentes níveis energéticos**. 2005. 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. SAEG **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas: manual do usuário**. Versão 9.0. Viçosa, 2000. 142 p.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.
- YÁÑES, E.A. **Desenvolvimento relativo dos tecidos e características da carcaça de cabritos Saanen, com diferentes pesos e níveis nutricionais**. 2002. 85f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

CAPÍTULO 4

Implicações

Tendo em vista a crescente preocupação da população com a alimentação e a procura por alimentos que acrescentem benefícios a saúde, é de grande importância que se desempenhe a pesquisa de novos alimentos e mais importante ainda de meios de melhorar as características dos alimentos já consumidos.

Este experimento revelou que a modificação do perfil lipídico da carne e do iogurte de leite de cabra é possível através da adição de óleos vegetais na alimentação dos animais. A inclusão dos diferentes óleos na dieta trouxe benefícios quanto a qualidade da fração lipídica, indicando a possibilidade de desenvolvimento de alimentos mais saudáveis sem o comprometimento das qualidades nutricionais e sensoriais.

Faz-se ainda necessário um estudo de viabilidade econômica da inclusão dos óleos na alimentação dos animais, juntamente com uma pesquisa sobre a intenção do consumidor em adquirir tais produtos advindos destes animais.