

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

AMANDA MARÍLIA DA SILVA SANT'ANA

INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS
GRAXOS, VOLÁTEIS E SENSORIAL DO LEITE E QUEIJO
CAPRINO

João Pessoa - PB

2017

AMANDA MARÍLIA DA SILVA SANT'ANA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS
GRAXOS, VOLÁTEIS E SENSORIAL DO LEITE E QUEIJO
CAPRINO**

João Pessoa - PB

2017

AMANDA MARÍLIA DA SILVA SANT'ANA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS
GRAXOS, VOLÁTEIS E SENSORIAL DO LEITE E QUEIJO
CAPRINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr^a Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga

João Pessoa - PB

2017

S232i Sant'Ana, Amanda Marília da Silva.

Influência do sistema de produção no semiárido brasileiro sobre o perfil de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e queijo caprino / Amanda Marília da Silva Sant'Ana.- João Pessoa, 2017.
137 f. : il.-

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga.
Tese (Doutorado) – UFPB/CT

1. Cabras Leiteiras. 2. Derivados Lácteos. 3. Caatinga.
4. Pasto Nativo. 5. Superfície de Resposta. I. Título.

UFPB/BC

CDU – 636.3(043)

AMANDA MARÍLIA DA SILVA SANT'ANA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO
SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, VOLÁTEIS E SENSORIAL DO LEITE E
QUEIJO CAPRINO**

Tese **APROVADA** em 17/02/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga
DN/CSS/UFPB
- Orientadora -

Prof^a. Dr^a. Maria Elieidy Gomes de Oliveira
CES/UFCG
- Examinador Interno -

Prof^o. Dr^o. Flávio Luiz Honorato da Silva
DEQ/CT/UFPB
- Examinador Interno –

Prof^o. Dr^a. Ana Sancha Malveira Batista
CZ/CCAB/UVA
- Examinador Externo -

Prof^o. Dr^o. Roberto Germano da Costa
DA/CCHSA/UFPB
- Examinador Externo -

*Aos melhores avós (in memoriam): Antônio e Ana,
Pelo imenso amor e cuidado que sempre tiveram comigo.
DEDICO.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre comigo, em todos os momentos da minha vida, por me fortalecer, proteger e amar de forma inexplicável;

Ao meu esposo José Evangelista, pelo seu amor e companheirismo, pelo apoio em todos os momentos e por cuidar tão bem de mim;

A toda minha família, em especial minha mãe Maria Suely, meu pai Naelson Dias, minhas irmãs Ariely, Ana, Anne e Karolayne pelo amor, incentivo, orações e preocupação;

A minha orientadora Prof. Dr^a Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga, pela sua orientação, ensinamentos, oportunidade, confiança, respeito e por todo cuidado e momentos compartilhados desde a graduação;

Aos professores Roberto Germano, Ana Sancha Malveira Batista, Flávio Honorato e Elieidy Gomes, por suas valiosas contribuições, disponibilidade, apoio e sugestões para o meu trabalho;

Ao professor Dr^o Ariosvaldo Medeiros e a Prof. Dr^a Marta Suely Madruga, pelo apoio e suporte fornecido com o manejo animal e com as análises de compostos voláteis;

À professora Dr^a Mina Martini, pela grande oportunidade de trabalhar ao seu lado na Università di Pisa, Itália, pelos ensinamentos, confiança, respeito e cuidado comigo;

À Iolanda Altomonte e Federica Salari, pela amizade formada, por dividir seus conhecimentos comigo, pela paciência e companheirismo;

Aos amigos do laboratório, da pós graduação e da vida: Karla Kaligia, Yasmim Regis, Tamires Alcântara, Tayanna Bernardo, Fabrícia França, Franciely Araújo, Karol Sampaio, Paloma Antonino, Nereide Serafim, Rilavia Almeida, Heloisa Almeida, Poliana Ferreira e Diego Costa, por todos os momentos de amizade, companheirismo e incentivo;

À Maria Ribeiro, Maridete, Deocleciano, Manuela, Silvana, Fábio e Manoel, por todo carinho, apoio e incentivo de sempre;

À Ana Caroliny, Natália Livia e Beatriz pelo auxílio na realização das análises;

À Estação experimental de São João do Cariri-PB/CCA/UFPB, pela logística e pelo fornecimento dos leites;

À Faculdade de Medicina Veterinária (FMV), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, em nome do Prof^o. Dr. Rui José Branquinho Bessa, pela realização das análises de ácidos graxos;

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, todos os professores e a secretária Lindalva, pelos ensinamentos e todo suporte necessário durante a realização do Doutorado;

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

Muito Obrigada a todos!

Sei que o meu trabalho é uma gota no oceano.

Mas sem ele, o oceano seria menor.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A pecuária caprina é uma das principais atividades realizadas na região semiárida do Nordeste brasileiro. Essa região caracteriza-se por apresentar condições ambientais de terras áridas e de baixa pluviosidade, onde os caprinos têm no Bioma caatinga sua principal fonte alimentar. Neste estudo, avaliou-se o impacto do sistema de produção realizado na região semiárida brasileira sobre os perfis de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e do queijo caprino. Inicialmente, foi realizada a otimização das condições de extração de compostos voláteis em leite caprino por meio da metodologia da superfície de resposta. A partir desta metodologia estatística, foi possível identificar as melhores condições para maximizar a variável resposta (número de compostos voláteis extraídos), correspondendo a 15 minutos para o tempo de equilíbrio, 30 minutos para o tempo de extração e 45 °C para a temperatura de extração. Utilizando estas condições, foram identificados 19 compostos voláteis diferentes, dentre os quais se destacaram o ácido octanóico (ácido caprílico) e ácido decanóico (ácido cáprico) com maiores áreas relativas. Em seguida, cabras leiteiras mestiças, Sannen e Alpina-americana, foram divididas, em delineamento inteiramente casualizado, em dois grupos: cabras alimentadas em sistema de pastagem mais a suplementação concentrada (SP), e aquelas alimentadas em sistema de confinamento (SC), com feno e concentrado. O leite e o queijo de animais alimentados em SP apresentaram maiores quantidades ácido oleico (C18:1c9), esteárico (C18:0), de poli-insaturados (PUFA) e monoinsaturados (MUFA) totais, incluindo os monoinsaturados C16:1c7 C16:1c9 e C17:1c9, os isômeros *cis* e *trans* de C18:1, o ácido linoleico (C18:2n6), linolênico (C18:3n3), araquidônico (C20:4n6), ácidos graxos desejáveis (DFA) e maior razão PUFA/SFA, MUFA/SFA. Alguns compostos voláteis estavam ausentes nos leites e queijos provenientes de animais de confinamento, destacando-se a presença de dois compostos terpênicos (α -terpineol e β -cariofileno), encontrados exclusivamente em leite e queijo de animais de pasto. O leite SP foi descrito com maior sabor herbáceo e o leite SC com maior aroma e sabor de manteiga e maior persistência residual. As variações entre os sistemas de produção não foram suficientes para promover diferenças perceptíveis nos atributos sensoriais dos queijos, mas, para o atributo aceitabilidade geral, tanto o leite quanto o queijo SP foram considerados mais aceitos pelos julgadores. Os resultados provenientes da execução deste estudo indicam que o melhor sistema de produção a ser realizado na região semiárida nordestina é o sistema desenvolvido na pastagem nativa com suplementação, pois valoriza a criação de caprinos leiteiros na Caatinga, tornando-se uma alternativa economicamente vantajosa para os produtores e processadores de leite de cabra.

Palavras chave: Caatinga; derivados lácteos; cabras leiteiras; pasto nativo; superfície de resposta.

ABSTRACT

Caprine livestock is among the main economic activities in semi-arid region of Northeastern Brazil which is characterized by low rain rates and a dry weather, where caatinga biome represents the most important feed source for caprine herds. In this study, we evaluated the fatty acids and volatile compounds profiles as well as the sensorial properties of milk and cheese from caprines kept and raised under different systems in semi-arid Brazil, confined space and open pastures. An optimization of the extraction conditions for the volatile compounds in caprine milk was made by using Response Surface Methodology. From this statistical tool we could identify the best conditions to maximize the number of volatile compounds extracted, corresponding them to 15 minutes for equilibrium time, 30 minutes for extraction time and 45 °C for extraction temperature. Using these conditions, 19 different volatile compounds were identified. Amongst these compounds, octanoic acid (caprylic acid) and decanoic acid (capric acid) can be highlighted with having larger relative areas, and they are volatile fatty acids correlated to the characteristic flavor presented in caprine milk. The dairy caprines (Saanen and American Alpine) used were divided into two groups: Caprines fed in open pasture plus concentrate supplementation (OF) and those fed in confined space (CS) with hay and concentrate. Milk and cheese from animals fed in OF presented higher content of fatty acids for oleic acid (C18:1c9), stearic acid (C18:0), polyunsaturated (PUFA) and monounsaturated (MUFA), including C16:1c7 C16:1c9 e C17:1c9, isomers cis and trans of C18:1, linoleic acid (C18:2n6), linolenic acid (C18:3n3), arachidonic acid (C20:4n6), desired fatty acids (DFA) and higher PUFA/SFA and MUFA/SFA rates. Several volatile compounds found in milk and cheese from OF were not present in CS, such as the terpene compounds α -terpineol e β -caryophyllene. The milk from OS was described for having a more intense herbal flavor whereas the milk from CS was more intense in butter flavor and taste and showed a higher residual aftertaste. Regarding to the sensorial properties of the cheese, no differences were found between the two different systems, however, the overall acceptability was higher for milk and cheese from animals feed in OF. Our results suggest that raising caprines in open field can be considered the best production system to be used in semi-arid region of Northeastern Brazil as it valorizes the use of the native pasture found in Caatinga to feed caprine herds, being an interesting economic alternative for the local farmers.

Keywords: Caatinga; dairy products; dairy caprines; native pasture; response surface methodology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Esquema experimental.....	18
 Artigo 1		
Figura 1	Delimitação do Semiárido brasileiro.....	30
Figura 2	Caminho da síntese endógena do ácido rumênico (CLAcis9trans11).....	40
Figura 3	Interação dos compostos voláteis emitidos por um alimento com o sistema olfativo humano.....	42
 Artigo 2		
Figure 1	Response surfaces for the number of peaks (Y1) obtained from goat milk as a function of A: Tex (min) and Teq (min); B: Teq (min) and T (°C) and C: Tex (min) and T (°C).....	73
Figure 2	Profiles of predicted values and desirability to answer Y1.....	74
Figure 3	Chromatogram of total ions in caprine milk.....	74
 Artigo 3		
Figura 1	Percentual de contribuição das diferentes famílias botânicas na pastagem (Caatinga) da região analisada.....	80
Figura 2	Representação gráfica da avaliação sensorial por análise descritiva quantitativa (ADQ) do leite (A) e queijo de coalho (B) de cabras em sistema de produção à pasto (—) e confinamento (----).....	93
Figura 3	Componentes principais (CP) dos ácidos graxos, voláteis e atributos sensoriais do queijo de caprinos em diferentes sistemas de alimentação.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição percentual e química das dietas dos dois sistemas de alimentação.....	19
Tabela 2	Fatores e níveis utilizados no planejamento experimental.....	21
Tabela 3	Matriz padrão para os experimentos conduzidos no DCCR.....	22
 Artigo 1		
Tabela 1	Plantas forrageiras citadas pelos entrevistados na cidade de Soledade-PB.....	35
 Artigo 2		
Table 1	Factors and levels used for the CCD.....	70
Table 2	Central Composite Design for the three independent variables tested.....	71
Table 3	Volatile compounds identified in caprine milk with their respective relative areas.....	72
 Artigo 3		
Tabela 1	Composição percentual das dietas dos dois sistemas de produção.....	79
Tabela 2	Perfil de ácidos graxos ¹ do leite e dos queijos de caprinos alimentados em diferentes sistemas de produção.....	84
Tabela 3	Compostos voláteis* identificados no leite e no queijo de caprinos alimentados em diferentes sistemas de produção.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADQ	Análise Descritiva Quantitativa
ACP	Análise de Componentes Principais
AGPI	Ácidos Graxos Poli-insaturados
ANOVA	Análise de Variância
CCS	Centro de Ciências Agrárias
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CCHSA	Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias
CG	Cromatografia Gasosa
CLA	Ácido Linoleico Conjugado
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
NRC	National Research Council
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SPME	Microextração em fase sólida
EM	Espectrômetro de Massa
Teq	Tempo de Equilíbrio
Tex	Tempo de Extração
T	Temperatura de Extração
MSR	Metodologia de Superfície de Resposta
RLM	Regressão Linear Múltipla
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
CT	Centro de Tecnologia
mL	Mililitro
L	Litro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1 LOCAIS DE EXECUÇÃO, COLETA DA MATÉRIA-PRIMA E ANÁLISES.....	17
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, ANIMAIS E DIETAS.....	17
2.3 ELABORAÇÃO DO QUEIJO DE COALHO.....	20
2.4 ANÁLISE DE ÁCIDOS GRAXOS.....	20
2.5 ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	21
2.5.1 Otimização da extração de compostos voláteis em leite caprino.....	21
2.5.2 Extração dos compostos voláteis do leite.....	22
2.5.3 Extração dos compostos voláteis do queijo.....	22
2.5.4 Identificação dos compostos voláteis do leite e queijo.....	23
2.6 ANÁLISE SENSORIAL.....	23
2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
Artigo 1.....	27
Artigo 2.....	54
Artigo 3.....	75
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	104
APÊNDICES.....	113
ANEXOS.....	127

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro caracteriza-se por condições ambientais de terras áridas e de baixa pluviosidade, onde a pecuária é uma das principais atividades econômicas. Esta atividade desenvolve-se em grande maioria de forma extensiva, destacando-se a criação de caprinos, que tem na vegetação nativa sua principal fonte de alimento.

A pastagem natural do Semiárido, denominada “Caatinga”, é formada por diversas espécies botânicas com alto potencial forrageiro, constituindo importante fonte alimentar para ovinos e caprinos desta região (FERREIRA et al., 2009). Existem muitas técnicas de alimentação para animais produtores de leite e, no Nordeste, a produção é baseada em animais criados em pasto nativo com suplementação (BOMFIM et al., 2011).

A diversificação e características da dieta animal pode influenciar a qualidade dos produtos lácteos. Por exemplo, a composição lipídica e de compostos voláteis das plantas consumidas pelos animais, pode inferir na quantidade e qualidade destes componentes no leite e queijo de ruminantes (DESCALZO et al., 2012), podendo ocorrer transferência direta de compostos voláteis das plantas para o leite, bem como pode modificar a sua composição de ácidos graxos, resultando em impacto nas características do queijo correspondente. A qualidade sensorial do queijo é também uma expressão de muitos fatores relacionados com as condições de produção (BONNANO et al., 2013).

Alguns componentes voláteis e não voláteis podem ser usados para identificar o tipo de alimento ingerido pelo animal, sendo utilizados para discriminar entre sistemas extensivos e intensivos. As dietas com base em pastagens locais podem fornecer uma ligação fundamental entre o leite e seus derivados com o local em que foram produzidos, um conceito que está na base da rotulagem de produtos de origem protegida e na imagem de qualidade que estes produtos podem oferecer, por meio dos aspectos nutricionais, sensoriais e de segurança (ENGEL et al., 2007).

O número de estudos sobre os efeitos da pastagem e outras composições de dieta sobre compostos provenientes do metabolismo dos ruminantes e de metabólitos secundários de plantas vem aumentando (CHION et al., 2010; COPPA et al., 2001b; PAJOR et al., 2012; BONANNO et al., 2013). Isto porque tem sido demonstrado que a dieta animal à base de pastagens carrega uma imagem positiva para a saúde e nutrição humana, pois pode melhorar as propriedades nutricionais dos produtos lácteos (CHILLIARD et al., 2007), o que vai ao encontro da crescente preocupação das pessoas com a saúde, que tem levado ao aumento da procura por alimentos nutritivos, saudáveis e funcionais. Dentro deste contexto, o queijo foi

redescoberto como uma potencial fonte natural destes componentes (BONNANO et al., 2013).

Um queijo tradicional brasileiro, bastante consumido em todo país e principalmente na região Nordeste, é o queijo de coalho. É um produto com médio a alto teor de umidade, produzido a partir de leite de vaca ou leite de cabra pasteurizados e apresenta elevado valor comercial, pois sua tecnologia de produção é simples, o rendimento é alto e é bastante aceitável pelos consumidores (OLIVEIRA et al., 2012). Os queijos de cabra são geralmente produzidos por empresas de pequena escala, e, portanto, o queijo artesanal e outros produtos à base deste leite podem auxiliar no desenvolvimento do setor caprino e melhorar as condições dos produtores rurais (PAJOR et al., 2008).

O resultado da análise dos compostos aromáticos depende das técnicas de isolamento e detecção. Os compostos voláteis são geralmente analisados por cromatografia gasosa (CG) acoplada a espectrometria de massa (EM), com extração prévia e pré-concentração da fração volátil (DELGADO et al., 2010; TUNICK, 2013). A micro extração em fase sólida (SPME) é atualmente o método predominante para extração de compostos voláteis de alguns alimentos. A razão para isto é que a técnica de SPME requer apenas uma pequena quantidade de amostra, permitindo o isolamento de compostos voláteis a partir de matrizes tanto no estado sólido como no líquido, de forma rápida e simples (DELGADO et al., 2010; JELÈN et al., 2012).

Considerando as evidências científicas (COPPA et al., 2011a, 2011b; PAJOR et al., 2012; BONANNO et al., 2013) trazidas por estudos anteriores, principalmente em outros países, sobre o efeito de diferentes sistemas de produção nas características químicas, nutricionais, tecnológicas e sensoriais dos derivados lácteos provenientes de ruminantes, em especial vaca e ovelha, este estudo surge com a hipótese de que o sistema de produção realizado na pastagem (Bioma caatinga) e em confinamento na região semiárida do Nordeste brasileiro influencia no perfil de ácidos graxos, compostos voláteis e sensorial do leite e do queijo de coalho caprino. As informações geradas podem auxiliar no reforço e preenchimento de conhecimentos sobre a influência do tipo de alimentação para cabras leiteiras pode ter na qualidade dos produtos lácteos, a fim de contribuir na proposta da melhor estratégia de criação de caprinos nessa região.

Assim, o objetivo geral desse estudo consiste em avaliar a influência do sistema de produção realizado na região semiárida no perfil de ácidos graxos, compostos voláteis e sensorial do leite e do queijo caprino. Para atingir esta meta, objetiva-se realizar inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o impacto de diferentes sistemas de produção no perfil de

ácidos graxos, compostos voláteis e no perfil sensorial do leite e queijo de ruminantes; desenvolver e otimizar a metodologia de SPME para extração de compostos voláteis em leite caprino; identificar e comparar o perfil de ácidos graxos e volátil do leite e do queijo de coalho caprinos submetidos a dois sistemas de produção e relacionar o perfil aromático do leite e queijo produzido com seus respectivos perfis sensoriais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAIS DE EXECUÇÃO, COLETA DA MATÉRIA-PRIMA E ANÁLISES

Os experimentos foram desenvolvidos por equipe multidisciplinar com o manejo dos animais: Para o primeiro experimento relacionado a otimização da extração de compostos voláteis no leite caprino, o leite *in natura* foi obtido de doze cabras da raça Saanen (38 ± 3 kg de peso vivo, múltiparas e produzindo em média 1,7 litro de leite ao dia), criadas em sistema intensivo no Setor de Caprinocultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA), Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O segundo experimento foi realizado no mês de novembro de 2014 e foi relacionado ao efeito do tipo de sistema de produção sob o perfil de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e queijo caprino. O leite foi obtido de doze cabras mestiças (Sannen e Alpina-americana), com peso médio de $51,35 \pm 3,75$ kg, produzindo em média 1,2 litro de leite ao dia e criadas na Unidade de Pesquisa em Pequenos Ruminantes da Estação Experimental pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), do Campus II-UFPB, no município de São João do Cariri-PB. O município está localizado na região do Cariri oriental paraibano, entre as coordenadas $07^{\circ}23'27''$ (S) e $36^{\circ}31'58''$ (O), limitando-se com os municípios de Gurjão, Boa Vista, Cabaceiras, São Domingos do Cariri, Caraúbas, Coxixola, Serra Branca e Parari (MEDEIROS et al., 2016). De acordo com a classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo semiárido quente, com precipitação pluvial média anual inferior a 600 mm (ALVES et al., 2014).

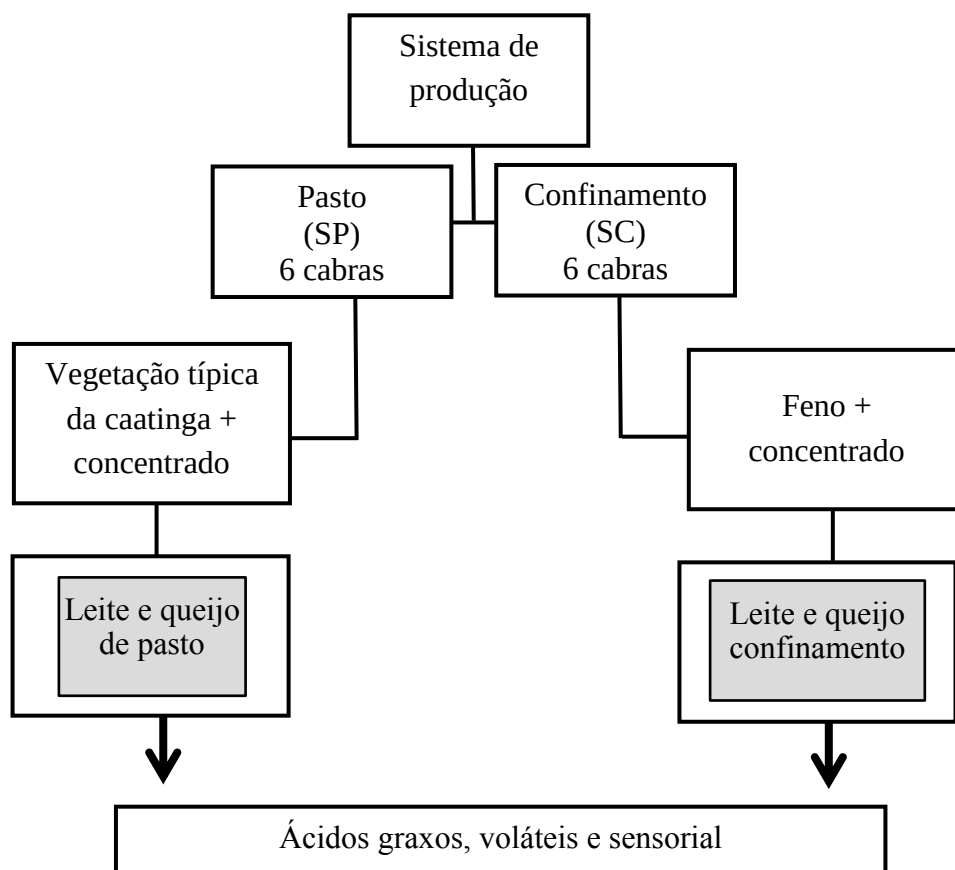
As análises de compostos voláteis foram realizadas no Laboratório de *Flavor*, do Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia (CT), Campus I-UFPB e as análises sensoriais no Laboratório de Técnica Dietética do Departamento de Nutrição, Centro de Ciências da Saúde (CCS), Campus I-UFPB. As análises de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório de Sistemas de Produção Animal, do Departamento de Produção Animal e Segurança Alimentar da Faculdade de Medicina Veterinária (FMV), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, ANIMAIS E DIETAS

O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC), constituído por dois sistemas de produção de caprinos (pastagem e confinamento), conforme pode ser observado

na Figura 1. Os leites foram obtidos em três dias consecutivos de ordenha, como repetições do processamento, e a partir dos leites foram elaborados os queijos de coalho.

Figura 1. Esquema experimental.



Doze cabras mestiças (Sannen e Alpina-americana) foram utilizadas para o experimento, divididas em dois grupos: seis alimentadas em sistema de pastagem (SP) com suplementação e seis alimentadas em sistema de confinamento (SC). As cabras apresentavam características clínicas saudáveis, com peso médio de $51,35 \pm 3,75$ kg e, aproximadamente, 45 dias de lactação. Os leites utilizados para o experimento foram obtidos da mistura diária da quantidade ordenhada de todas as cabras, e este procedimento foi realizado por três dias consecutivos como repetições. A partir dos leites de cada um dos três dias foram elaborados queijos de coalho como repetições do processamento. Para o sistema de produção SP, as cabras tiveram acesso às áreas típicas da região, caracterizadas como pastagem nativa, na estação experimental da cidade de São João do Cariri (Paraíba, Brasil), reconhecida pela expressiva prática de criação de caprinos. As cabras foram liberadas para a pastagem a partir

da primeira ordenha às 07:00 horas, sendo recolhidas às 16:00 horas para a segunda ordenha. Posteriormente, foram conduzidas para baias individualizadas (3,75 m²), onde receberam suplementação concentrada na quantidade de 1,5% em relação ao peso vivo. Para o sistema SC, os animais foram mantidos em baias individuais, com área de 3,75 m² em chão batido, feitas em madeira, orientadas no sentido leste-oeste, providas de comedouros e bebedouros, para fornecimento da dieta e água de forma constante durante todo o dia. A alimentação para este sistema foi composta pelo volumoso (a base de feno de capim elefante - *Pennisetum purpureum*) e pela suplementação concentrada na quantidade de 1 Kg/cabra/dia. A suplementação concentrada para ambos os sistemas foi calculada de acordo com a NRC (2007), baseada na ingestão mínima diária de nutrientes necessária para produção de leite e para manutenção do peso. A composição da dieta dos dois sistemas de produção podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas dos dois sistemas de alimentação

Ingredientes	Sistemas	
	Pasto ¹	Confinamento
Vegetação nativa “Caatinga”	A vontade	-
Feno de capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	-	51%
Suplementação		
Farelo de soja	30%	12,5%
Farelo de milho	69%	36%
Suplemento mineral	1%	0,5%

Ingredientes	Composição química ² (%)						
	MS	PB	EE	FDN	CT	CNG	Cinzas
Feno de <i>Pennisetum purpureum</i>	87,25	7,30	1,15	70,49	83,45	12,95	8,10
Farelo de Soja	88,88	51,73	1,33	11,47	40,88	29,42	6,05
Farelo de milho	88,63	9,41	4,53	18,40	84,79	66,39	1,27
Malva (<i>Sida</i> sp.)	41,08	16,24	2,84	51,74	68,73	16,98	12,20
Marmeleiro (<i>Croton sonderianus</i>)	48,93	15,42	4,69	61,81	74,35	12,54	5,54
Catingueira (<i>Caesalpinia pyramidalis</i>)	61,09	14,16	4,27	35,53	76,64	41,11	4,93
Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>)	46,85	7,16	7,94	34,83	77,32	42,49	7,58

¹A suplementação concentrada foi de 1,5% em relação ao peso vivo.

²MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: Fibra detergente neutro; CT: Carboidratos totais; CNG: Carboidratos não gordurosos.

2.3 ELABORAÇÃO DO QUEIJO DE COALHO

Os queijos foram elaborados de forma artesanal, onde os leites de cabra de cada grupo foram submetidos a tratamento térmico (65 °C/30 min), resfriados a 37 °C, adicionados de 0,5 mL/L de cloreto de cálcio a 50% e 0,9 mL/L de coalho comercial (Ha-la Christian Hansen[®]). Em seguida, foram mantidos em repouso por 40 minutos até a completa coagulação da massa. Após verificação do ponto de corte, a massa formada foi cuidadosamente cortada no sentido vertical e horizontal, drenada e salgada (1% de NaCl em relação ao peso da massa). A massa foi então distribuída em moldes perfurados de 250 g e submetida a prensas consecutivas durante 4 horas à temperatura ambiente. Após a prensagem da massa, os queijos foram embalados a vácuo e armazenados durante 12 dias em temperatura de refrigeração (4 ± 1 °C) até a realização das análises.

2.4 ANÁLISE DE ÁCIDOS GRAXOS

A extração e transesterificação das amostras de queijo para a análise de ácidos graxos realizou-se da seguinte forma: 50 mg de queijo foram pesados e levados para um tubo de ensaio, onde adicionou-se 1 mL de n-hexano, 1 mL de padrão interno (C19:0, 1 mg/mL) e 0,2 mL de solução KOH em metanol. Agitou-se em vortex durante 3 min e manteve-se os tubos em repouso por, aproximadamente, 15 minutos. Em seguida, adicionou-se 1 mL de HCl em metanol e agitou-se em vortex (por 10 segundos). Os tubos foram então colocados em banho de água a 50 °C durante 10 min, e posteriormente resfriados à temperatura ambiente. Ao final, adicionou-se 2 mL de água ultrapura e 2 mL de n-hexano; seguido de agitação (10 segundos), centrifugação (5 minutos) e recolhimento do sobrenadante para um novo tubo com 0,5 g de sulfato de sódio anidro. Os tubos foram novamente agitados em vortex (30 segundos), centrifugados (5 minutos) e, em seguida, a fase de n-hexano foi retirada e transferida para um vial de GC, que foram fechados e transferidos para o congelador até a injeção das amostras. Os ácidos graxos sob a forma de ésteres metílicos foram analisados por cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama (GC-FID), utilizando-se um equipamento Shimadzu QP2010-plus (Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com uma coluna capilar de sílica-fundida (SP-2560, 100 m × 0,25 mm × 0,20 µm, Supelco, Bellefonte, PA, EUA). Durante a análise, o injetor e o detector foram mantidos a 250 °C e 280 °C, respectivamente. Utilizou-se hélio como gás de arraste a fluxo constante de 1 mL/min e foi injetada 1 µL de amostra. A programação da temperatura do forno foi: início a 50 °C (mantida durante 1 min), rampa de

50 °C/min até 150 °C (mantida durante 20 min), rampa de 1 °C/min até aos 190 °C (mantida durante 1 min) e finalmente rampa de 2 °C/min até aos 220 °C (mantida por 30 minutos) (RAES et al., 2001).

2.5 ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

2.5.1 Otimização da extração dos voláteis em leite caprino

A extração dos voláteis foi realizada pela técnica de SPME (Microextração em fase sólida), promovendo-se inicialmente os estudos de otimização desta metodologia para o leite caprino.

Para a otimização da extração por SPME, foi utilizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^3 , no qual as variáveis independentes foram o Tempo de Equilíbrio (min), o Tempo de Extração (min) e a Temperatura de Extração (°C), sendo seus níveis apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Fatores e níveis utilizados no planejamento experimental.

Variáveis independentes (Fatores)	Níveis				
	-1,68	-1	0	+1	+1,68
Tempo equilíbrio (min)	7	10	15	20	23
Tempo de Extração (min)	14	20	30	40	46
Temperatura de Extração (°C)	28	35	45	55	62

$\alpha = (2^n)^{1/4} = 1,68$; onde n = n° de variáveis independentes.

O delineamento experimental foi composto de 17 experimentos, sendo oito fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), seis axiais (uma variável no nível $\pm\alpha$ e duas no nível 0) e três repetições no ponto central (as três variáveis no nível 0) (Tabela 3). As variáveis dependentes ou respostas foram o número de picos cromatográficos e a soma das áreas dos picos cromatográficos.

Tabela 3. Matriz padrão para os experimentos conduzidos no DCCR.

Experimento número	Níveis dos fatores		
	Teq (min)	Text (min)	T (°C)
1	-1 (10)	-1 (20)	-1 (35)
2	1 (20)	-1 (20)	-1 (35)
3	-1 (10)	1 (40)	-1 (35)
4	1 (20)	1 (40)	-1 (35)
5	-1 (10)	-1 (20)	1 (55)
6	1 (20)	-1 (20)	1 (55)
7	-1 (10)	1 (40)	1(55)
8	1 (20)	1 (40)	1 (55)
9	- α (7)	0 (30)	0 (45)
10	+ α (23)	0 (30)	0 (45)
11	0 (15)	- α (14)	0 (45)
12	0 (15)	+ α (46)	0 (45)
13	0 (15)	0 (30)	- α (28)
14	0 (15)	0 (30)	+ α (62)
15	0 (15)	0 (30)	0 (45)
16	0 (15)	0 (30)	0 (45)
17	0 (15)	0 (30)	0 (45)

2.5.2 Extração dos compostos voláteis do leite

O leite caprino (20 mL) foi colocado em frasco de 100 mL e aquecido a 45 °C por 15 minutos (dependendo do experimento) antes da exposição da fibra. A fibra (divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano - DVB/CAR/PDMS - 60 μ m) foi exposta ao *headspace*, fase gasosa acima da amostra, permanecendo exposta por um período de 30 minutos. Todo esse procedimento foi realizado em banho maria com agitação magnética de 700 rpm. A fibra foi posteriormente retraída para dentro da agulha e transferida para o injetor do cromatógrafo a gás, onde os analitos foram dessorvidos por 5 minutos.

2.5.3 Extração dos compostos voláteis do queijo

Foram pesados 20 gramas de queijo fresco triturado e colocados em frascos de vidro 100 mL, lacrados com lacre de alumínio e septo de borracha. O sistema foi submetido a um aquecimento de 45 °C por 20 minutos em cada amostra, antes da exposição da fibra. A fibra utilizada foi divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) – 60 μ m. Após esse período de aquecimento, a fibra foi exposta ao *headspace*, fase gasosa acima da amostra e o sistema foi submetido a aquecimento de 45 °C por 40 minutos, sob agitação magnética de

700 rpm. A fibra foi então retraída para dentro da agulha e transferida para o injetor do cromatógrafo a gás, onde os analitos foram dessorvidos por 5 minutos (BEZERRA et al., 2016).

2.5.4 Identificação dos compostos voláteis do leite e queijo

Os compostos voláteis presentes no *headspace* das amostras foram identificados e quantificados utilizando um sistema de cromatografia a gás Varian Saturn 2000R 3800 acoplado a espectro de massa Varian Saturn 2000R 2000 e uma coluna VF-5MS (60m x 0,25 mm x 0,25 μ m). A programação da temperatura do forno do cromatógrafo gasoso foi iniciada a 40 °C por 10 minutos, seguida de rampa de 5 °C/minuto até atingir 240 °C, mantendo-se nesta temperatura por 11 minutos, concluindo o tempo de corrida equivalente a 61 minutos. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C e o gás hélio foi utilizado como gás de arraste a uma vazão constante de 1,0 mL/minuto. Para identificação dos compostos voláteis, uma solução padrão de n-alcenos homólogos (C7-C30) foi analisada antes da injeção da amostra, para a obtenção do Índice de Retenção Linear (IRL) dos voláteis. Além disso, foi utilizado o banco de espectros da própria biblioteca do GC/MS, NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database (Version 1.7) e também comparou-se os espectros e os valores dos IRL dos voláteis do queijo caprino com os IRL da literatura.

2.6 ANÁLISES SENSORIAIS

A proposta de projeto foi submetida à apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UFPB e aprovada sob Protocolo CAAE: 02228812.7.0000.5188. Aplicou-se a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) de acordo com metodologia descrita por Stone e Sidel (1993). Para formação do painel sensorial foram recrutados voluntários entre estudantes, funcionários e professores da Universidade Federal da Paraíba, que foram pré-selecionados com base na capacidade sensorial discriminatória. Foram distribuídos 50 questionários (ANEXO B) para pessoas que demonstravam interesse em participar dos testes sensoriais. Os candidatos recrutados para a pré-seleção apresentavam afinidade, disponibilidade para participar das seções, compreensão dos termos descritivos e capacidade de trabalhar com uma escala hedônica não estruturada (ANEXO C).

Na pré seleção, os provadores foram avaliados quanto ao poder discriminativo, utilizando o teste de reconhecimento de gostos básicos e odores (Teste *Threshold* de

Reconhecimento) (ANEXO D). Além disso, foram aplicados testes de diferença (testes triangulares) (ANEXO E) e a afirmação de 75% dos testes (MEILGAARD et al., 2006) foi o critério para seleção dos julgadores. Doze provadores foram pré selecionados e participaram da etapa de desenvolvimento da terminologia descritiva, para formulação de uma lista (APÊNDICE A) de termos descritivos que caracterizam os produtos quanto à aparência, aroma, sabor e textura, em discussão aberta e sob a supervisão de um moderador.

Foram realizadas sessões para familiarização dos avaliadores com os materiais de referências, bem como o treinamento para seleção final dos julgadores, com a apresentação de amostras de referências que representam os extremos da escala. Os provadores selecionados foram dez, sendo nove do sexo feminino e um do sexo masculino, na faixa etária de 20 a 30 anos. Os leites foram pasteurizados e avaliados sensorialmente após dois dias de armazenamento refrigerado, enquanto que os queijos foram avaliados após doze dias de armazenamento refrigerado. A avaliação sensorial foi realizada em cabines individuais, com iluminação branca, e com as amostras de aproximadamente 20 g ou mL servidas em copos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos. Os avaliadores foram convidados a usar bolacha e água para limpar os seus paladares entre o consumo das amostras avaliadas.

As amostras de leite foram analisadas quanto ao aroma (leite de cabra, manteiga, herbáceo), sabor (leite de cabra, manteiga, herbáceo) e sabor residual (intensidade e persistência). As amostras de queijo foram analisadas quanto aos seguintes atributos sensoriais: aparência (lisa, molhada, cor esbranquiçada e cor creme), aroma (leite de cabra, manteiga, herbáceo), sabor (leite de cabra, manteiga, herbáceo, ácido e salgado) e textura (maciez e homogeneidade). A intensidade percebida de cada atributo foi verificada utilizando uma escala não estruturada de 9 cm, variando de 0 (fraco) a 9 (forte). Os provadores também avaliaram a aceitabilidade geral dos leites e queijos, com uma escala de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente) (APÊNDICE B).

2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para o experimento de otimização do processo de extração de compostos voláteis, o programa *Statistica*[®], versão 5.0 (Statsoft, USA) foi utilizado, e os resultados foram avaliados pela Metodologia de Superfície de Resposta (RODRIGUES; IEMMA, 2014).

Os dados obtidos no segundo experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), tendo como fontes de variação os dois sistemas de produção, realizando-se o teste F ao nível de 5% de significância ($P < 0,05$) para comparação das médias. Em seguida, a análise dos componentes principais (ACP) foi aplicada para correlacionar os ácidos graxos, compostos voláteis e atributos sensoriais das amostras. O programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2002) foi utilizado para realização da análise estatística.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão estão apresentados sob a forma de uma revisão bibliográfica e dois artigos científicos originais, intitulados:

Artigo 1 - *Semiárido e caprinocultura: influência do sistema de produção na qualidade do leite e do queijo.*

Artigo 2 - *Volatile compound characterization of caprine milk by multivariate optimization of headspace solid phase micro-extraction (HS-SPME).*

Artigo 3 - *Perfil de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e do queijo de coalho caprino sob a influência do sistema de produção no Semiárido brasileiro.*

ARTIGO 1

**SEMIÁRIDO E CAPRINOCULTURA: INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO
NA QUALIDADE DO LEITE E QUEIJO**

Semiárido e caprinocultura: influência do sistema de produção na qualidade do leite e queijo

Semi- arid and caprine livestock: the influence of the raising system on the quality of milk and cheese

Amanda Marília da Silva Sant’Ana^I, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga^{II*}

-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-

RESUMO

A pecuária caprina é uma das principais atividades realizadas na região semiárida do Nordeste brasileiro. Essa região caracteriza-se por condições ambientais de terras áridas e de baixa pluviosidade, onde os caprinos têm no bioma Caatinga sua principal fonte alimentar. Essa vegetação é formada por grande variedade de espécies botânicas com alto potencial forrageiro, mas sofre forte influência da sazonalidade climática que limita o potencial produtivo e nutricional da vegetação, dificultando o manejo dos rebanhos. A criação de caprinos leiteiros na pastagem do semiárido brasileiro deve ser valorizada, pois além de favorecer a geração de renda, fornece a produção de leite e queijo com composição de ácidos graxos e voláteis mais interessante para o consumidor, que procura por alimentos contendo gordura considerada mais saudável, bem como compostos de sabor e aroma que remetam a origem do produto e com alegação funcional.

Palavras-chave: caatinga, cabras leiteiras, forragem, derivados lácteos.

ABSTRACT

Caprine livestock is among the main economic activities in semi-arid region of Northeastern Brazil which is characterized by low rain rates and a dry weather, where caatinga biome represents the most important feed source for caprine herds. Vegetation in this region is composed by a variety of botanic species with potential to be used as forage, however, there is the effect of seasonal changes on the nutritional composition and productivity of the typical vegetation, influencing animal husbandry. The strategy of raising dairy caprines in semi-arid Brazil must be valorized due to the possibility of producing dairy products with particular fatty acids and volatile compounds profiles, making these products more marketable as nowadays consumers are looking for more sustainable foods with different organoleptic properties of those daily consumed. Moreover the, caprine livestock activity would provide a positive impact on the economics of these less favored areas.

Key-words: caatinga, dairy caprines, forage, dairy products.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro caracteriza-se por condições ambientais de terras áridas e de baixa pluviosidade, onde a pecuária é uma das principais atividades econômicas. Esta atividade desenvolve-se em grande maioria de forma extensiva, destacando-se a criação de caprinos, que tem na vegetação nativa sua principal fonte de alimento. O Brasil conta com cerca de 9.614.722 milhões de caprinos, e a região Nordeste concentra mais de 92% desse rebanho nacional (8.909.076 cabeças) (IBGE, 2015), o que torna essa região a maior produtora de leite de cabra do país.

O potencial de uma região para criação de ruminantes está diretamente relacionado com as condições do meio ambiente e a precipitação pluviométrica e sua distribuição ao longo do ano são determinantes para a disponibilidade e qualidade da pastagem, com consequências marcantes na produção animal (OLIVEIRA et al., 2005; DANTAS et al., 2008; COUTINHO et al., 2013).

A pastagem natural do Semiárido, denominada “Caatinga”, é formada por diversas espécies botânicas com alto potencial forrageiro, constituindo uma importante fonte alimentar para os caprinos desta região (FERREIRA et al., 2009). Existem muitas técnicas de alimentação para animais produtores de leite e no Nordeste a produção é baseada em animais criados em pasto nativo com suplementação (BOMFIM et al, 2011).

A diversificação e características da dieta animal pode influenciar a qualidade dos produtos lácteos. Por exemplo, a composição lipídica e de compostos voláteis das plantas consumidas pelos animais, pode influenciar a quantidade e qualidade destes componentes no leite e queijo de ruminantes (DESCALZO et al., 2012), podendo ocorrer transferência direta de compostos voláteis das plantas para o leite, bem como pode modificar a sua composição de ácidos graxos, resultando em impacto nas características do queijo correspondente. A qualidade sensorial do queijo é também uma expressão de muitos fatores relacionados com as condições de produção (BONNANO et al., 2013).

Alguns componentes voláteis e não voláteis podem ser usados para identificar o tipo de alimento ingerido pelo animal, sendo utilizados para discriminar entre sistemas extensivos e intensivos. As dietas com base em pastagens locais podem fornecer uma ligação fundamental entre o leite e seus derivados com o local em que foram produzidos, um conceito que está na base da rotulagem de produtos de origem protegida e na imagem de qualidade que estes produtos podem oferecer, por meio dos aspectos nutricionais, sensoriais e de segurança (ENGEL et al., 2007).

Além disso, tem sido demonstrado que a dieta animal à base de pastagens carrega uma imagem positiva para a saúde e nutrição humana, pois pode melhorar as propriedades nutricionais dos produtos lácteos (CHILLIARD et al., 2007), o que vai ao encontro da crescente preocupação das pessoas com a saúde, que tem aumentado a procura por alimentos nutritivos, saudáveis e funcionais. Neste contexto, esta revisão bibliográfica objetiva trazer informações a respeito da influência que o sistema de produção na região semiárida tem sobre a qualidade do leite e queijo caprino, com enfoque nos ácidos graxos, compostos voláteis e atributos sensoriais, apresentando-se como um reforço no preenchimento de conhecimentos para o setor da caprinocultura, a fim de contribuir na proposta da melhor estratégia de criação de caprinos no bioma Caatinga do semiárido brasileiro.

Semiárido e caprinocultura

A região semiárida brasileira é definida como a área que apresenta precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 milímetros, índice de aridez de até 0,5 (calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial) e risco de seca superior a 60% (BRASIL, 2005). Esta região ocupa atualmente uma área de 982.563,3 Km² (IBGE, 2015), abrangendo a maioria dos estados nordestinos (Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e também parte do Estado de Minas Gerais (Figura 1).

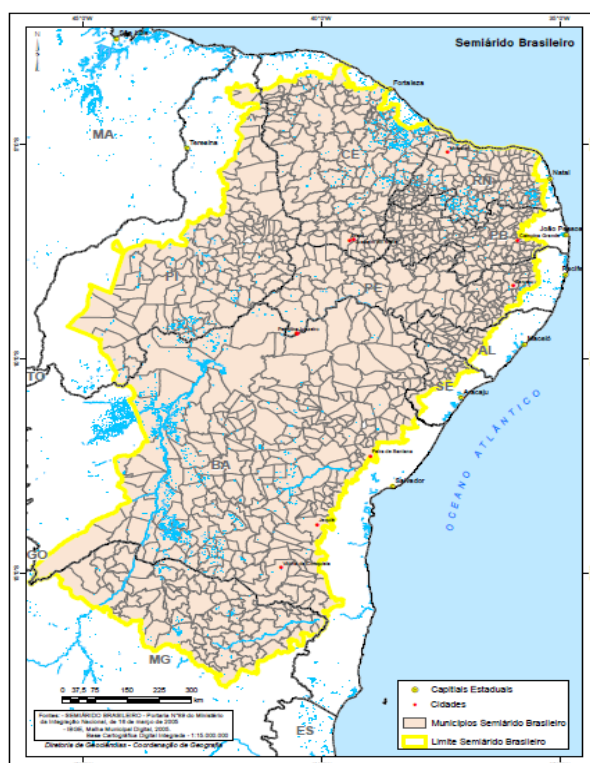


Figura 1 - Delimitação do Semiárido brasileiro.

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta um clima tipicamente tropical seco, com uma estação chuvosa de quatro a seis meses, seguida por uma estação seca de seis a oito meses, de modo que a precipitação pluviométrica é superada pela evapotranspiração anual (COUTO et al., 2009; SOUZA et al., 2010). A estação chuvosa é curta e mais concentrada nos meses de verão (FERREIRA et al., 2009), e as precipitações são mal distribuídas, sendo imprevisível a ocorrência de chuvas sucessivas, em pequenos intervalos (ARY, 2013).

O semiárido brasileiro é marcado pela exploração de seus recursos naturais, como a agricultura de sequeiro (dependente apenas das precipitações pluviométricas) e a pecuária extensiva, atividades tradicionais ainda praticadas de forma expressiva na região (ARY, 2013). A distribuição irregular de chuvas reduz a possibilidade de culturas anuais, e a produção pecuária fica dependente muitas vezes da vegetação nativa e das condições climáticas para seu bom desenvolvimento (SANTOS et al., 2010).

Uma das principais atividades desenvolvidas na região semiárida é a pecuária de bovinos, caprinos e ovinos, onde a caprinocultura vem apresentando importante papel no agronegócio brasileiro, pois está deixando de ser apenas uma atividade de subsistência e passando a ter maior destaque como atividade de grande importância econômica (SOUZA et al., 2010).

A produção de leite caprino no Brasil está concentrada, principalmente, nos estados da região Nordeste, Sul e Sudeste, explicada pelo fato de que em torno de 74% do rebanho mundial de caprinos encontra-se difundido nas regiões tropicais e áridas (COSTA et al., 2009). O Brasil conta com cerca de 9.614.722 milhões de caprinos, e a região Nordeste concentra mais de 92% desse rebanho nacional (8.909.076 cabeças), com o estado da Bahia e Pernambuco concentrando juntos mais de 52% deste rebanho e o estado da Paraíba ocupando o 5º lugar no efetivo do rebanho nacional desta espécie animal, com cerca de 566.576 caprinos (IBGE, 2015).

A criação de caprinos nesta região é promovida pelo fato de que estes animais se adaptam bem às condições ambientais de terras áridas, com baixa pluviosidade, sendo capazes de obter uma dieta adequada, mesmo quando a forragem é escassa (HILARIO et al., 2010). Em 2015, houve um aumento de 8,6% do efetivo de rebanho caprino brasileiro em relação a 2014 e, considerando a região Nordeste, esse aumento foi de 9,8% (IBGE, 2015). De acordo com Resende et al. (2010), não somente o efetivo tem aumentado, mas a capacidade produtiva dessas espécies também tem evoluído devido a vários fatores, destacando-se o melhoramento genético, nutricional e sanitário.

Os desafios para aumentar a produção animal nessa região deverão ser encarados por meio da utilização de novas técnicas, que viabilizem a escolha de animais cada vez mais adaptados, construção de instalações que ofereçam o máximo de conforto térmico e de sistemas manejo que minimizem os efeitos do ambiente sobre os animais (SOUZA et al., 2010). Isto porque, apesar da vocação natural do semiárido nordestino para o desenvolvimento da caprinocultura, algumas raças (Por exemplo, Saanen, Alpina Britânica) são muito sensíveis às condições climáticas e geográficas, além de menos adaptadas às condições diferentes daquela do seu habitat natural (RIET-CORREA et al., 2013).

Estratégias que objetivem realizar o manejo adequado dos recursos naturais disponíveis na região incluem o conhecimento das condições climáticas e do bioma local. De acordo com Ben Salem (2010), os ovinocaprinocultores ainda praticam essa atividade na região semiárida em escala limitada, devido à escassez e à má distribuição pluvial e baixa utilização de ferramentas de manejo animal.

A precipitação pluviométrica e sua distribuição ao longo do ano são determinantes para a disponibilidade e qualidade da pastagem, com consequências marcantes na produção animal, especialmente de caprinos e ovinos (OLIVEIRA et al., 2005; DANTAS et al., 2008). A degradação dos pastos nativos, a contínua elevação dos preços dos alimentos concentrados e a instabilidade econômica, também cria sérias dificuldades para o provisionamento de nutrientes para estes animais (BEN SALEM, 2011).

Portanto, o potencial de uma região para criação de ruminantes está diretamente relacionado com as condições do meio ambiente, e que preferencialmente este local possibilite o pastejo pelo maior tempo possível durante o ano, por ser a forma mais econômica de se explorar racionalmente os animais (COUTINHO et al., 2013). Além disso, é de grande importância o conhecimento do bioma da região semiárida, para o melhor aproveitamento de forma sustentável pela caprinocultura, a fim de favorecer a geração de emprego e renda, com práticas seguras e viáveis para a preservação do mesmo (SOUZA et al., 2010).

O Bioma caatinga e alimentação de ruminantes

A Caatinga é o tipo de vegetação que cobre a maior parte da área com clima semiárido da região Nordeste do Brasil (GIULLIETI et al., 2004) e tem nome originário do tupi: [caa (mata) + tinga (branca) = mata branca], decorrente da paisagem esbranquiçada apresentada pela vegetação durante o período anual de estiagem (ARY, 2013).

Considerado o único bioma brasileiro exclusivo do país (NUNES et al., 2015), esse ecossistema é muito importante do ponto de vista biológico por apresentar fauna e flora únicas, com grande número de espécies de plantas que varia de acordo com o estrato, o ano e as ações humanas (SANTOS et al., 2010). A Caatinga, apresenta vegetação típica de regiões semiáridas, adaptada às condições de aridez, e com suas plantas xerófitas caducifólias, é a única vegetação que oferece em uma mesma área, duas belas paisagens: verde intenso no inverno e branca no verão (ARY, 2013).

De acordo com Giulietti et al. (2004), as definições e delimitações feitas sobre a Caatinga, resultaram em um conjunto de características básicas da vegetação:

- 1) É a vegetação que cobre uma área mais ou menos contínua, submetida a clima quente e semiárido, bordado por áreas de clima mais úmido. Esta área seca está, na sua maior parte, confinada à região politicamente definida como Nordeste, e uma pequena parte está no norte de Minas Gerais, dentro da área definida, politicamente, como polígono das secas;
- 2) Possui espécies que apresentam adaptações à deficiência hídrica (caducifolia, herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, predominância de arbustos e árvores de pequeno porte, cobertura descontínua de copas);
- 3) A existência de espécies endêmicas nesta área semiárida e outras espécies que ocorrem nessa área e em outras áreas secas, mais ou menos distantes, mas não ocorrem nas áreas mais úmidas que fazem limite com o semiárido.

A vegetação da caatinga é formada por vasta biodiversidade, composta principalmente por arbustos e pequenas árvores, geralmente espinhosas e decíduas (que perdem suas folhas no início da estação seca), bem como cactos, bromélias e um componente herbáceo (composto por gramíneas e dicotiledôneas), que complementam a composição botânica deste bioma (SANTOS et al., 2010).

A flora arbustiva e arbórea da caatinga é representada por diversas famílias e espécies. As espécies mais comuns são: Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), Marmeleiro (*Croton sonderianus*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Pinhão (*Jatropha mollissima*), Malva (*Malva sp.*), Faxeiro (*Pilosocereus gounellei*) e Palmatória (*Opuntia palmadora*) (PEREIRA et al., 2002). Leite et al. (2015) quantificaram os remanescentes florestais do Bioma caatinga no município de Teixeira-PB e observaram que a vegetação arbórea amostrada foi de 4.911 indivíduos, pertencentes a 46 espécies e 24 famílias. As espécies com maior valor de importância foram: *Croton sonderianus* (Marmeleiro), *Mimosa tenuiflora* (Jurema preta) e *Piptadenia stipulacea* (Jurema branca) e as famílias que mais se destacaram foram *Euphorbiaceae*, *Mimosaceae* e *Caesalpinaceae*.

De acordo com Pereira Filho e Bakke (2010) outras espécies merecem ser destacadas: dentre as espécies lenhosas, as pioneiras como marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), com destaque ainda para a presença de outras espécies como catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), mororó (*Bauhinia cheilantha*) e mofombo (*Combretum leprosum*). No estrato herbáceo, as espécies comuns são: as gramíneas milhãs (*Brachiaria plantaginea* e *Panicum* sp.), capim-rabo-de-raposa (*Setária* sp.) e capim-panasco (*Aristida setifolia*) e as dicotiledôneas, mata-pasto (*Senna obtusifolia*) alfazema brava (*Hyptis suaveolens*), malva branca (*Sida cordifolia*), feijão-de-rola (*Phaseolus patyróides* L.), centrosema (*Centrosema* sp), erva-de-ovelha (*Stylosanthes humilis*), manda-pulão (*Croton* sp.), brejo (*Amaranthus* sp.), dentre outras.

O Bioma caatinga da região semiárida tem sido utilizado durante séculos, seja para a extração seletiva das mais variadas espécies de plantas e animais, para a utilização de extensas áreas de terras para pastagem ou para agricultura e cultivo de novas pastagens (LUCENA et al., 2007). Ela oferece uma boa diversidade de plantas potenciais para a dieta de ruminantes (SANTOS et al., 2010; YDOYAGA-SANTANA et al., 2011), sendo utilizada muitas vezes como única fonte de forragem para os caprinos. Uma das formas de investigar fontes de alimento para a alimentação animal, é combinar o conhecimento científico com o conhecimento local, como forma de otimizar o processo de caracterização da diversidade de plantas úteis para esse fim (NUNES et al., 2015).

Um estudo etnobotânico no município de Soledade-PB, mostrou a importância do conhecimento local na caracterização de recursos forrageiros da região semiárida. Os 44 entrevistados exibiram um vasto conhecimento, citando 136 espécies, distribuídas em 113 gêneros e 37 famílias (NUNES et al., 2015). Na Tabela 1, é possível observar a frequência que algumas plantas, consideradas forrageiras pelos entrevistados, foram citadas por eles, bem como o nome popular e científico, a família botânica e as partes destas plantas que são consumidas pelos animais.

De acordo com Rogério et al. (2016), os caprinos apresentam hábito de pastoreio com a cabeça ereta, consumindo prioritariamente folhas de árvores e arbustos, tendo preferência também por dicotiledôneas herbáceas, enquanto que a espécie ovina possui hábitos alimentares de pastejo baixo, com predileção a gramíneas e leguminosas, mas também alimentam-se de arbustos e ervas em ambientes com menor disponibilidade dessa vegetação.

Na caatinga, durante o período chuvoso, ocorre maior periodicidade na disponibilidade da oferta de forragem, devido ao rápido crescimento e curta duração do ciclo fenológico das forrageiras (ANDRADE et al., 2006). Além disso, nesse período, a produção de biomassa do

estrato herbáceo excede a capacidade de consumo dos rebanhos, o que permite conservar o excedente disponível, sob a forma de fenos ou silagem, para serem utilizados no período de maior escassez de alimentos, selecionando as espécies que melhor se prestam para conservação e que apresentem características forrageiras desejáveis (ANDRADE et al., 2006).

Tabela 1. Plantas forrageiras citadas pelos entrevistados na cidade de Soledade-PB.

Nome popular	Nome científico	Família	Partes consumidas	Frequência de citação (%)
Marmeleiro	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Euphorbiaceae	Folhas, frutos, ramos	83,73%
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart	Apocynaceae	Folhas, frutos, ramos	53,49%
Catingueira	<i>Poincianella pyramidalis</i> Tul.	Fabaceae	Folhas, frutos, ramos	79,07%
Malva Amarela	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	Malvaceae	Planta inteira	95,35%
Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	Poaceae	Folhas	55,81%
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Frutos, ramos	100%
Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Anacardiaceae	Folhas, frutos, ramos	100%
Xique-Xique	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C. Weber) Byles & G.D. Rowley	Cactaceae	Frutos, cladódio	100%
Palmatória	<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N. P. Taylor & Stuppy	Cactaceae	Frutos, cladódio	100%
Palma	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Frutos, cladódio	88,37%

Fonte: Adaptado de Nunes et al. (2015).

No entanto, durante o período de seca, a mesma não apresenta suporte forrageiro suficiente para permitir produção animal satisfatória, pois é afetada por uma forte influência da sazonalidade climática que limita o potencial produtivo e nutricional da vegetação, dificultando o manejo dos rebanhos (SANTOS et al., 2010; PEREIRA FILHO et al., 2010). Assim, a complexidade dos ecossistemas do semiárido demonstra que são necessários estudos mais detalhados e interdisciplinares da caatinga sobre o manejo e utilização das suas forrageiras, para poder explorá-las de forma sustentável, garantindo a presença anual no ecossistema (ANDRADE et al., 2006).

Sistemas de produção no semiárido

A produção de alimentos para os rebanhos constitui o maior desafio enfrentado pela pecuária da região semiárida, já que as condições adversas do meio fazem com que a oferta de forragem fique, muitas vezes, abaixo das necessidades dos rebanhos, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo (BENÍCIO et al., 2011). Para melhorar os sistemas de produção de caprinos e ovinos é fundamental que os alimentos disponíveis, a constância na oferta e os custos de produção e aquisição de cada um deles sejam considerados, seja na forma de volumosos, concentrados tradicionais ou mesmo subprodutos da agroindústria (ROGÉRIO et al., 2016).

Os dois principais sistemas de produção de pequenos ruminantes são o sistema de pastagem e de confinamento (MORAND-FEHR et al., 2007). As diferenças entre esses sistemas dependem dos alimentos específicos e plantas disponíveis para o consumo pelo animal (GOETSCH et al., 2011). No Nordeste brasileiro, a produção é baseada em animais criados em pasto nativo com suplementação, diferentemente do Sudeste, onde o sistema de produção é principalmente intensivo (BOMFIM et al., 2011). Moreira e Guimarães Filho (2011) observaram que no Cariri ocidental paraibano o regime extensivo é o que predomina na exploração dos caprinos (mais de 90% dos produtores), tendo como fonte de alimentação básica do rebanho a vegetação nativa da caatinga.

O sistema de pastagem pode ser realizado em pasto nativo ou cultivado e sua escolha depende das condições agroclimáticas, da biomassa disponível e do seu valor nutritivo, bem como das fontes de alimentação complementares (forragens e concentrados) (MORAND-FEHR et al., 2007). No sistema baseado em pastagem cultivada, gramíneas são cultivadas e os animais são mantidos em piquetes, com acesso a água e sal mineral à vontade (ROGÉRIO et al., 2016), enquanto que na pastagem nativa, utiliza-se menos fertilizantes, sementes e operações culturais e são considerados como mais ecológicos (devido à flora adaptadas às condições agroclimáticas) e mais variado (pois variam conforme o clima e época do ano) (MORAND-FEHR et al., 2007).

Nas criações extensivas, onde os animais têm de percorrer grandes distâncias entre áreas de pastejo, saleiros ou bebedouros, as exigências nutricionais, principalmente em energia, tendem a ser maiores que a dos animais em pastagens menores e mais produtivas (SILVA et al., 2010). Além disso, durante o período de seca, os pastos tornam-se escassos e/ou reduzem sua qualidade nutritiva, e a suplementação com forrageiras de corte e ração concentrada são estratégias recomendadas (ROGÉRIO et al., 2016).

Cavalcante e Resende (2006) observaram que os animais que receberam suplementação diária de mandacaru após o período de pastoreio na caatinga tiveram ganho de peso de 5,16 % em relação ao seu peso inicial, enquanto que os animais exclusivamente em pastoreio e sem suplementação perderam 5,25% em relação ao seu peso inicial. Assim, dependendo do manejo, da disponibilidade de forragem e da categoria animal produtiva, em determinados períodos do ano, o fornecimento de suplementação alimentar e/ou mineral deve ser feita (ROGÉRIO et al., 2016).

O fator primordial para adoção de um manejo alimentar eficiente é o conhecimento das exigências dos animais em relação à energia, proteína, minerais, vitaminas e água (SILVA et al., 2010). Um exemplo de suplemento volumoso oferecido nos períodos de escassez de pasto e/ou quando a sua qualidade nutritiva é reduzida, consiste na conservação de forrageiras na forma de feno e/ou silagem (cana-de-açúcar e capins de corte), enquanto que a ração concentrada contribui com o suprimento de nutrientes não fornecidos pelos volumosos e que são necessários aos animais (ROGÉRIO et al., 2016).

Com relação ao sistema de confinamento, este é caracterizado por dietas com alto teor de concentrados e que devem ser formuladas em função das necessidades nutricionais dos animais, as quais estão relacionadas com a capacidade de ganho de peso dos animais (ROGÉRIO et al., 2016). A prática de alimentação em confinamento é bastante demandada no Nordeste brasileiro, principalmente para a região Semiárida, em virtude da prolongada estação seca que ocorre na região onde se observa uma grande carência de forragem nas pastagens (SILVA et al., 2010).

No estudo de Medeiros et al. (2008), foi observado que níveis iguais ou superiores a 60% de concentrado proporcionaram maiores ganhos de peso em ovinos, reduzindo o tempo de permanência dos animais no confinamento e antecipando a idade para abate. No entanto, estes autores destacam que os custos com a utilização de níveis elevados de concentrado na dieta devem ser contabilizados, bem como é necessário prevenir-se contra possíveis problemas de distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal.

Para que este sistema seja rentável ao produtor, é necessário que seja executado um bom planejamento alimentar, que permita adquirir os insumos alimentares em períodos cuja oferta elevada permita um custo de aquisição menor, observando-se a disponibilidade local e a constância na oferta quantitativa ao longo do ano (PEREIRA et al., 2008). Isto porque, a dieta no confinamento deverá conter adequados níveis de proteína e de energia, com ocorrência da maximização do uso de concentrados, que elevam o custo de produção (MEDEIROS et al., 2008).

O sucesso de um sistema de produção depende, em grande parte, do manejo nutricional o qual os animais são submetidos (SILVA et al., 2010), com o nível de utilização e intensificação de cada sistema fortemente ligado ao valor nutritivo da forragem, bem como a quantidade de concentrados distribuídos (MORAND-FEHR et al., 2007). Além disso, deve-se considerar também que, em geral, todas as zonas de clima árido e semiárido apresentam o peso da diversidade de suas condições físicas, ecológicas, socioeconômicas e políticas, e um problema em comum: a fragilidade do equilíbrio de seus ecossistemas e, conseqüentemente, o perigo de degradação de seus recursos, provocado na maioria dos casos, pela intervenção do homem (BENÍCIO et al., 2011).

A influência do sistema de produção na qualidade do leite e queijo

Ácidos graxos

O número de estudos sobre os efeitos da pastagem e outras composições de dieta sobre os ácidos graxos do leite e do queijo tem aumentado nos últimos anos (CHION et al., 2010; PAJOR et al., 2012; BONANNO et al., 2013). Isto porque, tem sido demonstrado que a alimentação animal exerce grande influência sobre as propriedades nutricionais do leite e queijo, em especial no perfil de ácidos graxos (COPPA et al., 2011a).

Em comparação com os animais alimentados com feno e silagem em sistemas de produção intensivo, os ruminantes da agricultura extensiva alimentados com pastagem fresca produzem leite e queijo mais rico em ácido graxos poli-insaturados e CLA (CHILLIARD et al., 2007) e a abundância desses componentes aumenta proporcionalmente com a quantidade de forragem fresca ingerida (FERLAY et al., 2008). Assim, a composição de ácidos graxos do leite tem uma relação com a composição de ácidos graxos das plantas. O teor de ácidos graxos de ervas e forragens é formado por uma elevada proporção de ácido linolênico (18:3n3), enquanto que na silagem de milho e nos grãos de cereais, apesar da quantidade semelhante de ácidos graxos totais, o ácido linoleico (18:2n6) predomina (PALMQUIST et al., 2005).

Morand-Fehr et al. (2007) reportam que o percentual de ácido linoleico conjugado (CLA) e ácido vacênico (C18:1*trans*11) na gordura do leite parecem estar fortemente ligados ao teor de ácido linoleico (C18:2n6) e de ácidos graxos poli-insaturados (AGI) dos alimentos disponíveis para consumo pelo animal. De acordo com Chilliard et al. (2003), isso ocorre pois o ácido linoleico presente no alimento é hidrogenado no rúmen e produz ácido vacênico, que é utilizado como precursor na síntese de CLA no tecido adiposo e na glândula mamária.

Para compreender melhor o efeito que a composição de ácidos graxos da alimentação animal tem sobre o perfil de ácidos graxos dos produtos lácteos, é importante conhecer o

processo de hidrólise e biohidrogenação que ocorrem no rúmen animal. De acordo com Costa et al. (2009), quando os lipídios da alimentação entram no rúmen, inicialmente ocorre uma hidrólise das ligações ésteres dos triglicerídeos, dos fosfolipídios e dos glicolipídios, liberando o glicerol e produzindo ácidos graxos voláteis e esta hidrólise envolve as lipases extracelulares que são produzidas por bactérias ruminais. Com os ácidos graxos na forma livre, uma segunda transformação ocorre com os lipídios dietéticos que passam no rúmen: a biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados. A etapa inicial da biohidrogenação ruminal dos ácidos linoleico e linolênico envolve uma isomerização da dupla ligação *cis*-12 à configuração *trans*-11, tendo por resultado um ácido graxo dienoico ou trienoico conjugado. Em seguida, ocorre uma redução da dupla ligação *cis*-9, resultando no ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) (COSTA et al., 2009).

A ação da enzima Δ -9 desaturase, presente no intestino e na glândula mamária, atua sobre o ácido vacênico, formando então o principal isômero do CLA, o ácido rumênico (C18:2 *cis*-9 *trans*-11) (BAUMAN et al., 2006). O ácido linoleico conjugado (CLA) também pode ser formado a partir do ácido linoleico (C18:2), por meio da ação do *Butyrivibrio fibrisolvens* (EVANS et al., 2002). A conversão do ácido rumênico a ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) é catalisada por uma redutase. A etapa final é dada por mais uma redução do ácido vacênico produzindo o ácido esteárico (C18:0) (COSTA et al., 2009). Alguns ácidos graxos C18 insaturados ou seus intermediários podem “escapar” da biohidrogenação ruminal sem alteração estrutural. Entre estes intermediários estão o CLA e o ácido vacênico (Figura 2).

Pajor et al. (2012), ao compararem os ácidos graxos de queijos caprinos alimentados em sistema de pastagem e confinamento, observaram que o queijo do leite de animais que pastavam apresentou maior teor de ácido linolênico, que foi associado ao fato da grama da pastagem ter sido também mais rica nesse ácido. Em comparação com o queijo produzido através de agricultura intensiva, Bonnano et al. (2013) observaram que os queijos produzidos através de sistema extensivo foram mais ricos em ácidos graxos poli-insaturados totais, em ácidos graxos da família n-3 e em ácidos graxos de cadeia ramificada, bem como em ácido linoleico conjugado (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). No estudo de Coppa et al. (2011a), os ácidos graxos do leite de vacas alimentadas em confinamento com feno e concentrado, vacas alimentadas que pastavam de forma contínua em uma flora diversificada e vacas que pastavam de forma rotacional foram comparados. O leite de vacas em pastagem contínua foi mais rico em isômeros totais de *cis*-C18:1, em ácidos graxos monoinsaturados, e nos ácidos graxos essenciais n-3 e n-6, enquanto que o leite de vacas em pastagem rotacional foi mais

rico em isômeros totais de *trans*-C18:1, ácido rumênico e ácidos graxos poli-insaturados. Estes autores justificaram as diferenças nos perfis de ácidos graxos entre leites de pastagem contínua e rotacional pelas diferenças na qualidade da grama e pela composição botânica da pastagem. O sistema de pastagem rotacional apresentava maior quantidade de espécies da família *Poaceae*, enquanto que o grupo de pastagem contínua apresentava maior quantidade de espécies de plantas dicotiledôneas (COPPA et al., 2011a).

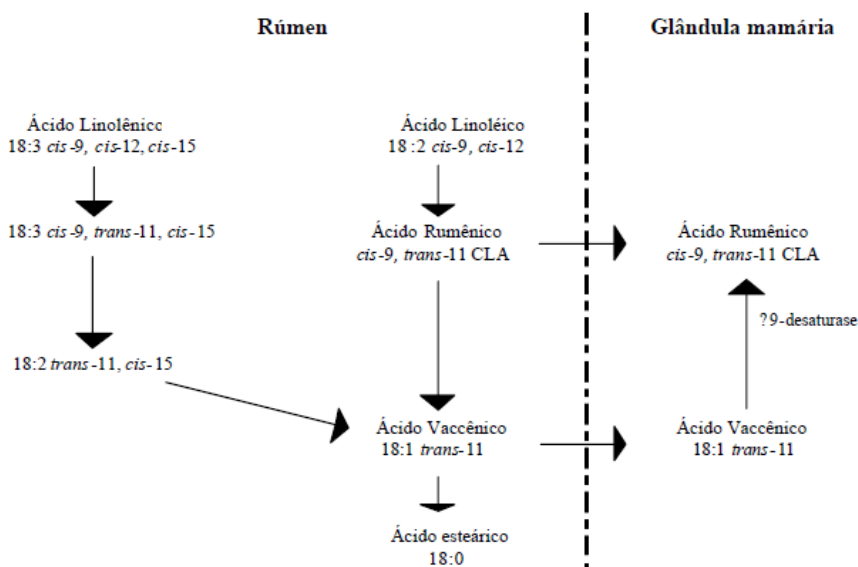


Figura 2 - Caminho da síntese endógena do ácido rumênico (CLA cis-9, trans-11). (Fonte: Adaptado de BAUMAN et al., 2003 *apud* COSTA et al., 2009).

Além disso, é importante destacar os efeitos na saúde e nutrição do leite e derivados de diferentes sistemas de produção animal. De acordo com Pajor et al. (2012), a pastagem é uma fonte dietética de ácidos graxos essenciais da família n-3 e aumenta a oferta de ácidos graxos n-3 no leite de ruminantes. Os ácidos graxos poli-insaturados, incluindo o ácido linoleico conjugado (CLA) e ácidos da família n-3, têm apresentado efeito positivo na saúde humana, especialmente em relação ao seu potencial anticancerígeno (BOUGNOUX et al., 2010; SAVOINI et al., 2010), na prevenção e melhora de doenças cardiovasculares (LU et al., 2011), inflamação (FIGUERAS et al., 2011) e envelhecimento (DYALL et al., 2010).

O ácido linolênico é precursor de outros ácidos graxos poli-insaturados da família n-3, tais como o ácido eicosapentaenoico (EPA) (C20:5n3) e ácido docosahexaenoico (DHA) (C22:6n3), que são necessários para diversos processos metabólicos no corpo humano, além de auxiliarem na prevenção de doença cardíaca coronária (DCC) (PAJOR et al., 2012). O enfoque do mercado para produtos de origem animal direcionado para a busca de alimentos

com menores teores de gordura e com perfil de ácidos graxos que os caracterize como alimento funcional vem aumentando. Assim, cresce também os estudos e as tentativas de modificação na gordura do leite de ruminantes do ponto de vista de alegação de propriedades funcionais, visando principalmente a redução da razão entre os ácidos graxos saturados:insaturados, o aumento no nível de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente do grupo ômega-3 e o aumento no conteúdo de ácido linoleico conjugado (CLA).

Compostos voláteis

Em produtos frescos, como frutas, vegetais e leite, componentes do sabor são muito abundantes. Os odores podem ser provocados por numerosas classes de compostos, tais como terpenos, álcoois, cetonas, aldeídos, ésteres, ácidos graxos livres de cadeia curta e média, lactonas, compostos fenólicos e compostos de enxofre (FEDELE et al., 2005; LONGO et al., 2006). Os compostos voláteis são compostos de baixo peso molecular, presentes no alimento em concentrações muito pequenas, e variam quanto a sua natureza química e valor de *threshold* (limiar mínimo de percepção, ou seja, a menor concentração necessária para o indivíduo detectá-la) (QUEIROGA et al., 2005). Esses compostos desempenham um papel determinante no sabor, uma vez que representam o aroma do alimento e sua presença, conteúdo e composição têm influência sobre a qualidade de um produto (DELGADO et al., 2010; 2011; MILOSAVLJEVIC et al., 2012).

Uma característica específica dos compostos de sabor é a interação com o sistema olfativo humano, induzindo a uma sensação de odor ou aroma específico, e para produzir uma resposta sincronizada e integrada, denominada de sabor ou *flavor* (QUEIROGA et al., 2005) (Figura 3). O termo sabor é definido como sendo uma sensação induzida pelo alimento tomado na boca, que é percebida principalmente pelos sentidos do gosto e aroma (JÈLEN et al., 2012). Para alcançar os receptores olfativos humanos, o composto precisa ser volátil, embora nem todo composto volátil desempenhe papel significativo na formação do aroma do produto. Alguns compostos voláteis relacionados com o sabor do leite e derivados estão diretamente relacionados com a dieta do animal que o produziu. Essa produção pode ter duas hipóteses principais quanto a sua origem: nas plantas consumidas pelo animal ou são produtos da digestão de precursores (KURKA & RANKIN, 2006). A maior parte dos compostos voláteis do leite é formada durante a digestão e metabolismo, devido a alterações dos componentes alimentares por processos microbianos e enzimáticos até a síntese mamária (ADDIS et al., 2006). Os compostos voláteis do queijo podem ser provenientes de duas origens diferentes: a maioria resulta do metabolismo de micro-organismos do queijo, da

microbiota endógena do leite cru ou de bactérias tecnológicas. Além disso, durante o processamento e maturação do queijo, os principais componentes do leite (proteína, gordura e lactose) são submetidos a reações que liberam vários compostos voláteis (McSWEENEY & SOUSA, 2000). Em alguns casos surgem diretamente da alimentação, como alguns monoterpenos e sesquiterpenos que são de origem vegetal (BUGAUD et al., 2001).

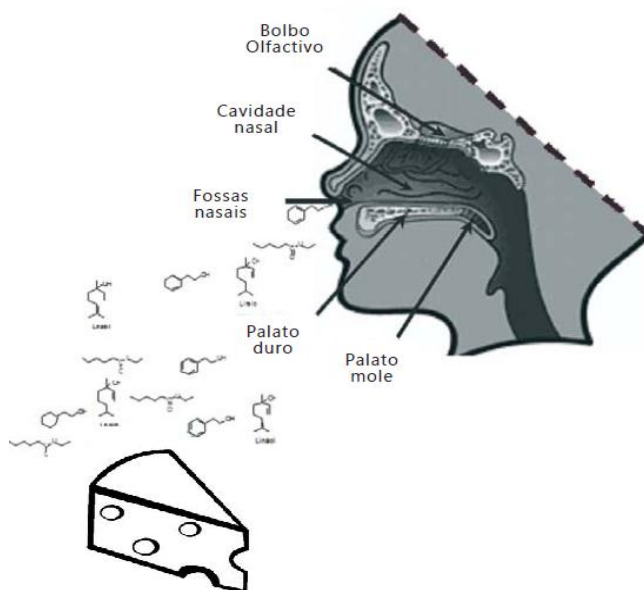


Figura 3 - Interação dos compostos voláteis emitidos por um alimento com o sistema olfativo humano (Fonte: Adaptado de ROCHA, 2009).

A partir da composição volátil de um alimento é possível obter várias informações: A primeira informação importante é sobre o aroma do alimento, que pode ser definido como o conjunto de sensações olfativas e gustativas que o alimento transmite ao consumidor através do olfato, resultante dos diferentes compostos voláteis e/ou semivoláteis emitidos pelo alimento (ROCHA, 2009). Os compostos que contribuem para o aroma têm que estar presentes em concentração igual ou superior ao seu respectivo limite de percepção sensorial, que é a concentração mínima necessária de um dado composto que permite o reconhecimento do seu aroma e estes limites são diferentes de composto para composto, e podem variar para o mesmo composto, pois também dependem do tipo de matriz (alimento sólido, líquido, gordo, etc) (ROCHA, 2009). Quando os caprinos são alimentados em sistema de pastagem, a sua alimentação pode variar de uma época para outra, pois eles mudam as plantas e as partes aéreas selecionadas, de acordo com a vegetação disponível, o estágio de desenvolvimento das plantas e as condições climáticas e esta diversificação da dieta pode influenciar o teor de

compostos voláteis do leite, e sua presença e variedade tem efeito sobre o sabor e aroma (FEDELE et al., 2005).

A segunda informação importante que pode ser obtida a partir da composição volátil do leite e queijo é a detecção de marcadores vegetais úteis para ligar o alimento a sua origem. Os marcadores vegetais são compostos que não são sintetizados por animais e cuja ocorrência nos produtos ou tecidos animais é devido ao alimento que eles consumiram (PRACHE et al., 2005). Os terpenos são compostos voláteis derivados do metabolismo secundário das plantas e podem ser usados para identificar o tipo de alimento ingerido pelo animal (KALAC, 2011). Os terpenos têm sido utilizados como parâmetro útil para rastreabilidade da origem do produto e isso tem se tornado comum, especialmente para produtos lácteos de Origem Protegida ou de Indicação Geográfica Protegida (PRACHE et al., 2005; KALAC, 2011). Essa composição de terpenos nas plantas e nos produtos lácteos também sofre influência da composição botânica da pastagem. Bugaud et al. (2001) observaram que as pastagens ricas em dicotiledôneas são mais ricas em terpenos, tanto em termo de diversidade quanto de quantidade. Contrapondo, as pastagens ricas em gramíneas são pobres em terpenos e, portanto, resultam em queijos pobres em terpenos.

A terceira informação se refere aos benefícios que a ingestão de alimentos que contenham determinados compostos voláteis possam trazer para a saúde humana. Alguns estudos (BAKIR et al., 2008; BREWER et al., 2011) têm demonstrado propriedades dos terpenos, tais como efeitos antibacterianos, anticancerígenos, antioxidantes e anti-inflamatórios, o que torna a presença destes compostos nos produtos lácteos ainda mais importante.

Atributos sensoriais

A aceitabilidade de um alimento pelo consumidor depende bastante das características sensoriais que apresenta. A qualidade sensorial do leite e do queijo é um reflexo de muitos fatores relacionados às suas condições de produção, como o manejo animal, a genética, a fase fisiológica e a alimentação, que refletem nos aspectos microbiológicos e de composição química. Além disso, a tecnologia de fabricação do queijo é uma etapa crítica que influencia a qualidade sensorial (COUNON et al., 2004).

Vários estudos (ABILLEIRA et al., 2010; COPPA et al., 2011a; BONANNO et al., 2013) têm sido realizados para esclarecer os efeitos da alimentação animal nas propriedades sensoriais do leite e do queijo. Algumas diferenças entre queijos derivados de pasto e de forragens preservadas ou concentrados são conhecidas. No entanto, uma ampla variabilidade

nas propriedades sensoriais de queijos derivados de pasto tem sido relatada, dependendo do manejo do pastejo, da composição botânica e estágio fenológico (COPPA et al., 2011a).

Comparado com dietas a base de feno, leite de cabras criadas no sistema à pasto fornece queijos mais suaves, mais cremosos, mais elásticos e amarelados, com odor mais amargo e mais intenso e sabor caprino mais forte, azedo e amargo (AGABRIEL et al., 2004, CARPINO et al., 2004). A menor firmeza na textura e maior cremosidade do queijo de pasto em comparação aos queijos derivados de alimentação com feno tem sido justificada principalmente pela diferença no perfil de ácidos graxos do leite, em especial pela razão C18:1cis9/C16:0 e pelo conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) que são superiores em leites de animais alimentados a pasto (CHEN et al., 2004; HURTAUD et al., 2009; COPPA et al., 2011b).

A composição botânica da pastagem também parece influenciar os atributos sensoriais do leite e derivados. Pastagens ricas em plantas da família *Poaceae* têm sido associadas a queijos com notas aromáticas fortes e uma textura mais elástica, mais firme e coesa, enquanto as espécies dicotiledôneas adicionam um aroma frutado ou animal e notas amargas (BUGAUD et al., 2001).

Soryal et al. (2004), investigaram o efeito da alimentação na pastagem com diferentes níveis de concentrado na qualidade sensorial do queijo caprino e observaram que a maior pontuação para o atributo sabor foi obtida no queijo do grupo que não recebeu suplementação concentrada. Uma suplementação de óleos vegetais nas dietas de cabras leiteiras em confinamento foi realizada por Medeiros et al. (2013) e os atributos sensoriais do queijo de cabra foram analisados por meio de análises quantitativas descritivas. A adição de diferentes óleos na dieta de cabras leiteiras promoveu mudanças entre os tratamentos apenas dureza e na aparência externa.

Os estudos envolvendo o efeito do sistema de produção na qualidade sensorial são mais frequentes com leite de vaca. Villeneuve et al. (2013), utilizaram um teste triangular, observaram que os provadores conseguiram perceber diferenças entre o leite de vacas alimentadas com feno e leite de vacas alimentadas com pasto. No estudo de Coppa et al. (2011b), o painel sensorial não conseguiu perceber diferença entre queijos de leite de vacas alimentadas em pastagem rotacional e contínua, em 12 semanas de amadurecimento. A diferença só tornou perceptível após 24 semanas, quando o queijo de animais alimentados com pastagem contínua apresentou odor mais intenso, aroma mais intenso e persistente, gosto mais pungente e mais salgado do que o queijo de animais em alimentados com pastagem rotacional. Croissant et al. (2007) também realizaram estudo com painelistas treinados, onde

foi percebido maior intensidade de sabor “gramínea” no leite de vacas alimentadas no pasto do que no leite de vacas alimentadas com concentrado e feno. Também foi observado que o leite de vacas alimentadas com concentrado e feno foi caracterizado com maior intensidade de sabor doce, com os descritores sensoriais “caramelo” e açúcar”.

As respostas sensoriais em seres humanos podem ser explicadas pela presença de compostos voláteis e não voláteis no leite e queijo. Os compostos voláteis do leite influenciam na sua aceitação e a gordura do leite é um nutriente muito importante e contribui significativamente com a formação do *flavour* caprino, especialmente pela relação lipídios/lipólise (COSTA et al., 2009). Sanz Sampelayo et al. (2007), afirmam que a natureza da gordura desses produtos, além de ser um nutriente fundamental, é responsável pela origem de odores agradáveis ou desagradáveis. Uma característica peculiar do leite caprino deve-se a presença de ácidos graxos de cadeia curta (caprótico - C6:0, caprílico - C8:0, cáprico C10:0), com teores duas vezes maiores que no leite de vaca, tornando-os quimicamente e sensorialmente distintos (COSTA et al., 2009).

CONCLUSÃO

A região semiárida apresenta potencial para criação de ruminantes leiteiros, em especial para a caprinocultura. A produção de alimentos para o rebanho no semiárido é desafiadora, por conta das condições adversas do meio que influenciam de forma quantitativa e qualitativa a forragem. Para garantir a exploração racional e sustentável deste ambiente é fundamental o conhecimento dos fatores climáticos que interferem no seu bioma (Caatinga), objetivando possibilitar maior tempo de pastejo durante o ano, pois o sistema de produção realizado no pasto com suplementação é a forma mais econômica para o produtor, graças à economia de custos com rações concentradas. A criação de caprinos leiteiros na pastagem do semiárido brasileiro deve ser valorizada e incentivada, pois além de favorecer a geração de renda, fornece a produção de leite e queijo com composição de ácidos graxos e voláteis mais interessante para o consumidor, que procura por alimentos contendo gordura considerada mais saudável, bem como compostos de sabor e aroma que remetam a origem do produto e com alegação funcional.

REFERÊNCIAS

ABILLEIRA, E. et al. Volatile composition and aroma-active compounds of farmhouse Idiazabal cheese made in winter and spring. **International Dairy Journal**, v. 20, p. 537-544, 2010.

ADDIS, M. et al. The inclusion of a daisy plant *Chrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet: 2. Effect on the volatile fraction of milk and cheese. **Livestock Science**, v. 101, p. 68-80, 2006.

AGABRIEL, C. et al. Effect of dairy production system on the sensory characteristics of Cantal cheeses: a plant-scale study. **Animal Research**, v. 53, p. 221-234, 2004.

ANDRADE, A. P. et al. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos 'pulsos - reservas'. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 138-155, 2006.

ARY, J. C. A. FNE e o Semiárido: Da Obrigação à Otimização. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, p. 199-212, 2013.

BAKIR, B. et al. Investigation of the antiinflammatory and analgesic activities of β -caryophyllene. **International Journal of Essential Oil Therapeutics**, v. 2, p. 41-44, 2008.

BAUMAN, D.E.; LOCK, A.L. Conjugated linoleic acid: biosynthesis and nutritional significance. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.) **Advanced dairy chemistry**. 3 ed. New York: Springer, v. 2, p. 93-136, 2006.

BEN SALEM, H. Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 337-347, 2010.

BENÍCIO, T.M.A. et al. Cinética ruminal de forrageiras nativas e o desempenho produtivo de cordeiros Santa Inês, alimentados com feno de malva branca e mata-pasto. **Revista Verde**, v. 6, p. 106-112

BOMFIM, M.A.D. et al. 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.

BONANNO, A. et al. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p.710-724, 2013.

BOUGNOUX, P. et al. Fatty acids and breast cancer: Sensitization to treatments and prevention of metastatic re-growth. **Progress in Lipid Research**, v. 49, p.76-86, 2010.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Cartilha Nova Delimitação do Semi-árido, Brasília: 2005. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915>. Acesso: 12 mar 2016.

BUGAUD, C. et al. Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. **Lait**, v. 81, p. 401-414, 2001.

CARPINO, S. et al. Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 816-830, 2004.

CHEN, S. et al. Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid composition. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, p. 3422-3428, 2004.

COUTINHO, M.J.F. et al. A Pecuária como atividade estabilizadora no semiárido brasileiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.20, p. 9-17, 2013.

BREWER, M.S. Natural antioxidant: Sources, compounds, mechanism of action, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 221-247, 2011.

CAVALCANTE, N.B.; RESENDE, G.M. Consumo do mandacaru (*cereus jamacaru* p. dc.) por caprinos na época da seca no semiárido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v.19, p.402-408, 2006.

CHILLIARD, Y. et al. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p.1751-1770, 2003.

CHILLIARD, Y. et al. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science Technology**, v. 109, p.828-855, 2007.

CHION, A.R. et al. Variation of fatty acid and terpene profiles in mountain milk and “Toma piemontese” cheese as affected by diet composition in different seasons. **Food Chemistry**, v. 121, p. 393-399, 2010.

COPPA, M. et al. Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. **International Dairy Journal**, v. 21, p. 815-822, 2011a.

COPPA, M. et al. Effect of a hay-based or different upland grazing systems on milk volatile compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 4947-4954, 2011b.

COSTA, R. G. et al. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 307-321, 2009.

COUTINHO, M.J.F. et al. A pecuária como atividade estabilizadora no Semiárido Brasileiro. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, p. 9-17, 2013.

COUTO, S.K.A. et al. Degradabilidade *in situ* do rolão e farelo de milho em caprinos e ovinos deslanados mantidos em sombra natural e artificial no semiárido paraibano. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, p.1415-1423, 2009.

CROISSANT, A.E. et al. Chemical properties and consumer perception of fluid milk from conventional and pasture-based production systems. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p.4942-4953, 2007.

DANTAS, A.F. et al. Características da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastejo e submetidos a diferentes níveis de suplementação. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1280-1286, 2008.

DELGADO, F.J. et al. Characterization of the volatile profile of a Spanish ewe raw milk soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening by SPME-GC-MS. **Food Chemistry**, v. 118, p. 182-189, 2010.

DELGADO, F.J. et al. Changes in the volatile profile of a raw goat milk cheese treated by hydrostatic high pressure at different stages of maturation. **International Dairy Journal**, v. 21, p. 135-141, 2011.

DESCALZO, A.M. et al. Differential characteristics of milk produced in grazing systems and their impact on dairy products. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**, p. 339-368, 2012. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/39316.pdf>. Acesso: 10 fev. 2017.

DYALL, S. et al. Omega-3 fatty acids reverse age-related decreases in nuclear receptors and increase neurogenesis in old rats. **Journal of Neuroscience Research**, v. 88, p. 2091-2102, 2010.

ENGEL, E. et al. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9099-9108, 2007.

EVANS, M.E. et al. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 508-516, 2002.

FEDELE, V. et al. Seasonal evolution of volatile compounds content and aromatic profile in milk and cheese from grazing goat. **Small Ruminant Research**, v. 59, p. 273-279, 2005.

FERLAY, A. et al. Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. **Dairy Science and Technology**, v. 88, p. 193-215, 2008.

FERREIRA, M.A. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 322-329, 2009.

FIGUERAS, M. et al. Effects of eicosapentaenoic acid (EPA) treatment on insulin sensitivity in an animal model of diabetes: Improvement of the inflammatory status. **Obesity**, v. 19, p. 362-369, 2011.

GALINA, M.A. et al. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 264-272, 2007.

GIULIETTI, A.M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma da caatinga In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA-UFPE; Brasília, DF: 2004. p. 47-90.

GOETSCH, A.L. et al. Factors that affecting goat milk production and quality. **Small Ruminant Research**, v. 101, p. 55-63, 2011.

HILARIO, M.C. et al. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. **Journal of Dairy Research**, v. 77, p. 20-26, 2010.

HURTAUD, C. et al. Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavor of two Protected Designation of Origin of French cheeses. **Animal**, v. 3, p. 1327-1338, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_perfil.shtm>. Acesso em: 09/02/17.

JELÈN, H.H. et al. Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 738, p. 13-26, 2012.

KALAC, P. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. **Food Chemistry**, v. 125, p. 307-317, 2011.

KURKA, V.; RANKIN, S. The effect of feedstuff on milk flavor. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 01-03, 2006.

LEITE, J.A.N. et al. Análise quantitativa da vegetação lenhosa da Caatinga em Teixeira, PB. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 35, p. 89-100, 2015.

LONGO, M.A.; SANROMÁN, M.A. Production of Food Aroma Compounds, **Food Technology Biotechnology**, v. 44, p. 335-353, 2006.

LU, J. et al. Chronic dietary n-3 PUFA intervention improves dyslipidaemia and subsequent cardiovascular complications in the JCR:LA-cp rat model of the metabolic syndrome. **British Journal of Nutrition**, v. 105, p. 1572-1582, 2011.

LUCENA, R.F.P. et al. Useful Plants of the Semi-Arid Northeastern Region of Brazil: A Look at their Conservation and Sustainable Use. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 125, p. 281-290, 2007.

McSWEENEY, P.L.H.; SOUSA, M.J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening. A review. **Lait**, v. 80, p. 293-324, 2000.

MEDEIROS, G.R. et al. Efeito dos níveis de concentrado sobre os componentes não-carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1063-1071, 2008.

MEDEIROS, E.J.L. et al. Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the semiarid region of Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 113, p. 211-218, 2013.

MILOSAVLJEVIC, N. et al. Application of HS-SPME-GC-MS- derived variables for monitoring ripening-induced changes in cheese volatile compounds. **Dairy Science and Technology**, v. 92, p. 321-333, 2012.

MORAND-FEHR, P. et al. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 20-34, 2007.

MOREIRA, J.N.; GUIMARÃES FILHO, C. Sistema tradicionais para a produção de caprinos e ovinos. In: **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. EMPRAPA, 2011.

NUNES, A.T. Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, p. 1-12, 2015.

OLIVEIRA, M.M.F. et al. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 631-635, 2005.

PAJOR, F. et al. Influence of extensive grazing on cheese composition, yield and fatty acids content of goats. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 18, p. 487-492, 2012.

PALMQUIST, D. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 50, p. 179-217, 2005.

PEREIRA, I.M. et al. Composição florística e análise fitossociológica do componente lenhoso de um remanescente de caatinga no Agreste Paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, p. 357-369, 2002.

PEREIRA, M.S. et al. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas com polpa cítrica úmida prensada em substituição à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p.134-139, 2008.

PEREIRA FILHO, J.M.; BAKKE, O. A. Produção de Forragem de espécies herbáceas da caatinga. In: GARIGLIO, M.A. et al. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. **Brasília**: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 145-159.

PRACHE, S. et al. Traceability of grass-feeding in small ruminants meat and milk: A review. **Options Méditerranéennes**, v. 67, p. 423-428, 2005.

QUEIROGA, R.C.R.E. et al. Otimização das condições de extração de compostos voláteis em leite caprino utilizando a técnica de extração e concentração simultânea. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 64, p. 97-103, 2005.

RESENDE, K.T. et al. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 369-375, 2010.

RIET-CORREA, B. et al. Sistemas produtivos de caprinocultura leiteira no semiárido paraibano: caracterização, principais limitantes e avaliação de estratégias de intervenção. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, p. 345-352, 2013.

ROCHA, S.M. Porque se estudam os compostos voláteis dos alimentos de origem vegetal? **Química**, v. 122, p. 49-54, 2009.

ROGÉRIO, M.C.P. et al. Manejo alimentar de caprinos e ovinos nos trópicos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 23, p. 326-346, 2016.

SANTOS, M.V.F. et al. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.204-215, 2010.

SANZ SAMPELAYO, M.R. et al. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, p.42-63, 2007.

SAVOINI, G. et al. Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition: Production and health benefits. **Small Ruminant Research**, v. 88, p. 135-144, 2010.

SORYAL, K.A. et al. Effect of feeding treatments and lactation stages on composition and organoleptic quality of goat milk Domiati cheese. **Small Ruminant Research**, v. 52, p. 109-116, 2004.

SOUZA, B.B. et al. **Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido**. 2010. Artigo em Hipertexto. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/adaptabilidade/index.htm>. Acesso em: 03 fev. 2016.

SILVA, N.V. et al. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.4, p.233-241, 2010.

VILLENEUVE, M.P. et al. Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7181-7194, 2013.

YDOYAGA-SANTANA, D.F. et al. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 69-78, 2011.

ARTIGO 2

VOLATILE COMPOUND CHARACTERIZATION OF CAPRINE MILK BY MULTIVARIATE OPTIMIZATION OF HEADSPACE SOLID PHASE MICRO- EXTRACTION (HS-SPME)

VOLATILE COMPOUND CHARACTERIZATION OF CAPRINE MILK BY MULTIVARIATE OPTIMIZATION OF HEADSPACE SOLID PHASE MICRO- EXTRACTION (HS-SPME)

CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA LECHE DE CABRA POR MULTIVARIABLE OPTIMIZACIÓN DE *HEADSPACE* MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (HS-MEFS)

A.M.S. Sant'Ana¹, J.E.S. Ribeiro¹, F.F. Bezerril¹, F.L.H. Silva², M.S. Madruga³, R.C.R.E. Queiroga^{4*}

¹ *Post Graduate Program in Food Science and Technology, Food Engineering Department, Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, 58051-900, Brazil.*

² *Laboratory of Bioengineering, Department of Chemical Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, 58051-900, Brazil.*

³ *Laboratory of Food Chemistry, Food Engineering Department, Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, 58051-900, Brazil*

⁴ *Laboratory of Food Science, Department of Nutrition, Health Sciences Center, Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, 58051-900, Brazil*

Abstract

The CCD in conjunction with response surface methodology was shown to be an adequate statistical tool for the optimization of extraction conditions of volatile compounds in caprine milk by using SPME *headspace*. Through this statistical methodology, it was possible to identify the best conditions to maximize the response variable and the number of volatile compounds, corresponding them to 15 minutes for equilibrium time, 30 minutes for extraction time and 45 °C for extraction temperature. Using these conditions, 19 different volatile compounds were identified, with a profile that comprises compounds belonging to the following classes: carboxylic acids, alcohols, aldehydes, ketones, hydrocarbons, terpenoids and furans. Amongst these compounds, octanoic acid (caprylic acid) and decanoic acid (capric acid) can be highlighted with having larger relative areas, and they are volatile fatty acids that relate to the characteristic flavor presented in caprine milk.

Keywords: flavor, gas chromatography, mass spectrometry, response surface.

Resumen

El CCD en combinación con la metodología de superficie de respuesta ha demostrado ser una herramienta estadística adecuada para la optimización de las condiciones de extracción de compuestos volátiles en la leche caprina mediante el uso de SPME de espacio de cabeza. Mediante esta metodología estadística, fue posible identificar las mejores condiciones para maximizar la variable de respuesta y el número de compuestos volátiles, que corresponde a 15 minutos para el tiempo de equilibrio, a 30 minutos de tiempo de extracción y 45 °C para la temperatura de extracción. Utilizando estas condiciones, se identificaron 19 volátiles diferentes, con un perfil que comprende compuestos que pertenecen a las siguientes clases: ácidos carboxílicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, hidrocarburos, terpenos y furanos. Entre estos compuestos, el ácido octanoico (caprílico) y ácido decanoico (cáprico) son destacados por tener áreas relativas más grandes, y son ácidos grasos volátiles que están relacionados con el sabor característico presentado en la leche de cabra.

Palabras clave: sabor, cromatografía de gases, espectrometría de masas, superficie de respuesta.

*Corresponding author: E-mail: rcqueiroga@uol.com.br. Tel: +55 83 32167826

1. Introduction

One of the most important criteria that determine the choice and acceptance of a food product by consumers is the flavor, which results from a complex balance between taste and aroma. Volatile compounds play a key role in this context, as they influence the aroma of the food, and their presence, content and composition have an influence on product quality (Milosavljevic *et al.* 2012; Delgado *et al.* 2011; Delgado *et al.* 2010).

Milk flavor is formed by a variety of chemical compounds, including carboxylic acids, alcohols, aldehydes, ketones free fatty acids, sulfur compounds. These compounds are possibly derived from plants consumed by the animal, being transferred from its fodder to the milk through the rumen, or are products of the digestion of precursors (Kurka & Rankin, 2006; Queiroga *et al.* 2005).

The results of the analysis of aromatic compounds depend on the detection and isolation techniques. Volatile compounds are commonly analyzed by gas chromatography (GC) coupled with mass spectrometry (MS), with a step of prior extraction and pre-concentration of the volatile fraction (Tunick *et al.* 2013; Delgado *et al.* 2010).

Solid phase micro extraction (SPME) technique is currently the predominant method for extraction of volatile compounds in some foods. The reason is that this technique requires only a small amount of a sample, allowing the isolation of volatile compounds from solid and liquid matrices in a fast and simple way (Jelèn *et al.* 2012; Delgado *et al.* 2010).

The principle of headspace SPME is based on partition equilibrium of analytes among fiber, sample and headspace (Mitelut *et al.* 2011). The analysis consists in capturing the analyte in a chemically modified fused silica fiber, coated with an appropriate film material, which is exposed to the environment where the volatile compounds are to be extracted. The extraction phase can be placed directly in the liquid phase or in contact with the vapor in equilibrium (headspace) above the liquid or solid sample. After a certain period of time

required to establish equilibrium between the phases involved, the fiber is repositioned inside the needle (Dórea *et al.* 2008).

According to Liu and Yang (2002), the reproducibility and sensitivity of the analysis of volatile compounds by headspace SPME is greatly influenced by the vapor pressure of the flavor compounds in the bottle containing the sample. Thus, to optimize the extraction of volatile compounds by SPME technique, thermodynamic knowledge of this method is fundamental, allowing for the identification of the factors that influence its kinetic (Dórea *et al.* 2008). Time and temperature are the two most important factors affecting the vapor pressure and equilibrium of volatile compounds in the bottle (Liu & Yang, 2002; Pellati *et al.* 2005).

Statistical optimization of experiments is employed to improve system performance and increase the yield of the process without increasing the cost (Bay & Boyaci, 2007). Central composite design (CDD) in conjunction with response surface methodology (RSM) enables the evaluation of the effects of many independent variables and their interactions by using a small number of experiments, overcoming the disadvantages of other statistical techniques that evaluate only one parameter at a time.

The use of SPME for analysis of volatile compounds has been previously reported in bovine milk (Karatapanis *et al.* 2006) and ovine milk (Vasta *et al.* 2012; Povolo *et al.* 2007), but data for caprine milk are scarce. Queiroga *et al.* (2005) performed an optimization of extraction conditions of volatile compounds in caprine milk, however using the extraction and simultaneous concentration technique. Thus, this study aimed to carry out the optimization of extraction conditions of volatile compounds in caprine milk by using the SPME technique, in order to promote preliminary knowledge of some variables that affect this process, as well as to identify some compounds that contribute to caprine milk flavor and.

2. Materials and methods

2.1. Samples

The milk was obtained from twelve Saanen goats, raised in an intensive system at the Department of goat and cattle breeding of the Centre for Humanities, Social and Agrarian Sciences at the Federal University of Paraíba (UFPB - Paraíba, Brazil). The animals were manually milked, and about 200 mL of milk from each animal was collected. The raw milk was then mixed and homogenized, packaged in polypropylene bottles and stored at 4 °C until the analysis. The analytical procedures were carried out at the Laboratory of Food Chemistry and at the Laboratory of Flavor of the Food Engineering Department, Technology Center of the Federal University of Paraíba (DEA/CT/UFPB).

2.2. Optimization of extraction of volatile

Central composite design (CCD) for three independent variables was used in this study, where the independent variables selected were the equilibrium time (min), the extraction time (min) and the extraction temperature (°C). The codified levels of the variables and their real values are shown in Tab. 1. The experimental design included 17 assays, eight factorial (the combinations of variables at -1 and +1), six axial (one variable set to $\pm \alpha$ and another set to 0) and three repetitions at the central point (three variables set to 0) (Tab. 2). The response variables were the number of chromatographic peaks and the sum of the areas of the chromatographic peaks. Due to systematic errors, all the experiments were carried out randomly to minimize the effect of unexplained variability on the observed responses. The estimate of the optimal conditions for the extraction of volatile compounds was also performed based on the proposed statistical models and with the help of simultaneous optimization technique called "desirability". The software *Statistic* 5.0 was used for the calculation and the results were analyzed by Response Surface Methodology (RSM).

2.3. HS-SPME-GC/MS Analysis

Raw caprine milk (20 mL) was placed in a 100 mL flask and heated, following the experimental conditions presented in Table 2, before exposure of the fiber. After the heating period, the gray fiber (Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane - DVB/CAR/PDMS-50/30 mM-Supelco, Bellefonte, PA) was exposed to the headspace, with the gas phase above the sample remaining exposed for a period of 14 to 46 minutes (according to Tab. 2). This entire procedure was performed in a water bath with magnetic stirring at 700 rpm. The fiber was then retracted into the needle and transferred to the injector gas chromatograph (Varian Saturn 3800 2000R), VF-5MS column (60m x 0.25mm x 0.25 mM) coupled with a mass detector (Varian Saturn 2000R 2000) where the analytes were desorbed for 10 minutes. The oven temperature programming chromatograph started at 40 °C for 10 minutes, then increased 5 °C per minute until reaching 240 °C, and maintaining this temperature for 11 minutes with total run time equal to 61 minutes. The injector temperature was maintained at 250 °C, and Helium gas was used as the carrier gas at a constant flow rate of 1.0 mL per minute. The mass spectrometer was operated by impact electrons with a source temperature of 200 °C, and ionization energy of 70 V, scan range of m/z 29 to m/z 400 to 3.33 scans/s. For the identification of the volatile compounds, a standard solution of n-alkane counterparts (C8-C25 – Sigma Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Germany) was examined before sample injection in order to obtain the subsequent calculation of the Linear Retention Index (LRI) of volatile compounds. For the identification of compounds, the spectra bank's own library of GC/MS, NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database (Version 1.7) was used, and the spectra and values of LRI volatile were also compared with the literature data. After identification of compounds, normalization of the volatile areas was performed.

2.4. Statistical Analysis

The regression coefficients for linear, quadratic, and interaction terms were determined by multiple linear regression (MLR). The significance of each regression coefficient was statistically assessed by computing the t-value from pure error obtained from the replicates at the central point of this experiment. Analysis of variance (ANOVA), with a confidence level of 95% ($p < 0.05$) was used to validate the model. The regression coefficients were then used to generate response surfaces (Rodrigues; Iemma, 2014). All calculations and graphics were performed using the software Statistica®, version 7.0 (Statsoft, USA).

3. Results and discussion

3.1. Optimization by RSM

HS-SPME is an equilibrium technique that requires a preceding step of sampling optimization conditions in order to obtain high recoveries of volatile compounds and satisfactory precision of the method. The responses for the 17 assays performed are shown in Tab. 2. The three independent variables studied influenced ($p < 0.05$) the number of chromatographic peaks, and it was possible to obtain adjusted quadratic model that describe the effects of these independent variables on the evaluated response. However, interaction effects were not observed ($p > 0.05$).

To represent the variable Y_1 (number of chromatographic peaks) as a function of the codified values of independent variables that were significant at 95% confidence, one adjusted quadratic model were generated (Eq. 1). That model presented determination coefficient (R^2) of 0.80, indicating that 80.0 % of the experimental data variability is explained by that model. In the ANOVA results for Y_1 , where it is observed that the F value calculated for the regression was greater than the tabulated F value, indicating that the models offered

significant statistics (Rodrigues & Iemma, 2014). Response surfaces were generated from these obtained quadratic model (Fig. 1), in order to identify the optimal conditions. The response surfaces were generated considering two factors at a time, setting the third factor at the central point.

$$Y_1 = 16.87 - 1.59Teq - 1.50Teq^2 + 1.83Tex - 3.27Tex^2 + 1.92T - 2.38T^2 + 1.25Te_xT \quad (1)$$

The solid phase micro-extraction is based on kinetic mass transfer between phases and on the thermodynamics that describes the partition equilibrium of analytes between the sample and the extraction phase (Valente & Augusto, 2000). The thermodynamic knowledge of the SPME technique and the identification of factors that affect its kinetics are useful to achieve the objective of the analysis in the shortest time possible (Dórea *et al.* 2008). In this study, the SPME was carried out in *headspace* mode, which comprises three phases: the liquid sample, the vapor phase over the liquid sample (*headspace*) and the extraction phase (fiber). According to Pellati *et al.* (2005), the equilibrium time (Teq , min), the extraction time (Tex , min) and the extraction temperature (T , °C) are the three most important variables that affect the vapor pressure and the balance of volatiles in *headspace*.

By analyzing the response surfaces generated by the model, it was possible to visualize optimum ranges, since the quadratic effect of independent variables were significant, showing negative values, it was possible to obtain concave-up surfaces exhibiting maximum points, hence allowing process optimization. Temperature is a very important parameter that can affect the extraction of volatile compounds in SPME, as the solute is needed from the sample during extraction to vaporize into the gas phase by heating the sample (Yilmazcan *et al.* 2013).

The results indicated that temperatures ranging from 45 to 55 °C lead to a greater amount of volatile compounds, confirmed by the higher number of chromatographic peaks

and by the higher total area. However, at lower or higher temperature (outside that range), the extraction efficiency starts to decrease. According to Feng *et al.* (2008), lower temperatures prevent the volatilization of volatile compounds while increasing temperature is important to accelerate the transfer of the volatile compounds from the milk to the fiber. As temperature increases, more analytes are released from the matrix (sample) to the upper space, a process that increases the extraction (Zhang *et al.* 1994). This is because increasing temperature also increases the partitioning constant of the analytes in favor of the gas phase; thus favoring the analyte concentration between the sample and the *headspace*, thereby reaching the equilibrium in a shorter time (Heidari *et al.* 2008). However, at high temperatures, the partition coefficient of the *headspace* to the coating (fiber) decreases and the optimum extraction temperature is determined by interactions amongst the sample, the fiber and the analytes (Zhang *et al.* 1994).

The equilibration time can be defined as the time required to form a *headspace* (gas phase above the milk sample) and an equilibrium between the liquid phase and the gas phase. From the response surfaces, it can be observed that the number of chromatographic peaks and the total area of the peaks are higher when the equilibrium time ranges from 10 to 15 minutes. Riener *et al.* (2009) adopted a time of 15 minutes to equilibrate a pasteurized bovine milk sample prior to exposure of the fiber. The equilibration time decreases with the excitement of the array, as this makes the contact of the analyte with the fiber easier (Valente & Augusto, 2000).

The extraction time is defined as the time that the extraction phase (fiber) was exposed to the *headspace*. After equilibration in the *headspace*, the SPME sampler is inserted into the vial containing the sample and the fiber is exposed to adsorb the compounds present in vapor phase (Garruti *et al.* 2011; Valente & Augusto, 2000). According to Feng *et al.* (2008) the increase in adsorption (extraction) of volatiles is explained by the fact that the mass transfer of

the analytes is accelerated and the balance amongst the three phases (liquid - gas - fiber) is established more quickly when the sample is shaken vigorously with a magnetic stirring bar, as observed in our study. The interpretation of the response surfaces indicated that the highest number of chromatographic peaks and a higher total area are observed when the extraction time used is in the range of 30 to 35 minutes. In the study of Povoló *et al.* (2007), an extraction time of 30 minutes was adopted to extract volatile compounds from the headspace in sheep milk.

Data on the optimization of parameters such as extraction temperature, equilibrium time and extraction time on the extraction of volatile compounds in caprine milk by using SPME technique was not found in the available literature. However, other studies have been conducted with the optimization of these parameters in other foods. Pellati *et al.* (2005) also observed an improvement in the extraction of volatile organic compounds by increasing extraction temperature; however, they did not observe any changes in the qualitative and semi-quantitative composition of the volatile compounds from fruits of *Evodia* species at temperatures above 80 °C. The fiber exposure time (extraction time) showed a high effect on the extraction of volatile compounds from the *headspace* of a sugarcane alcoholic beverage (Garruti *et al.* 2011). These authors also observed that increasing temperature from 25 °C to 50 °C caused a significant reduction in the number of chromatographic peaks and in the total area of the chromatogram, whereas the equilibration time had no significant influence on those responses.

3.2. Desirability

The diagram of the desirability function obtained via statistical function called "profiles values predicted and Desirability" describes the optimized conditions of extraction of volatile compounds within the ranges of values established in the experiments. In Fig. 2 it is observed that at the intersection of dashed lines is the optimal values which indicate the

optimal parameters for this study are the values corresponding to the center point region for the three independent variables. The optimization desirability value was 0.84886, which is considered an excellent and acceptable value (Akhanazarova & Kafarov, 1982).

Thus, by analyzing the experimental results of response surface and desirability function, it was decided that the best conditions to maximize the response variables at the levels studied correspond to 15 minutes for equilibration time (level 0), 30 minutes for extraction time (level 0) and 45 °C for extraction temperature (level 0). These values were used for the extraction and identification of volatile compounds in caprine milk.

3.3. Volatile compounds of caprine milk

Once the analytical conditions for the extraction of volatile compounds were established, the analysis of five caprine milk samples was carried out. Nineteen compounds of the following classes were identified: carboxylic acids (3), alcohols (3), aldehydes (3), ketones (2), hydrocarbons (5), terpenoids (1) and furans (2) (Tab. 3). Fig. 3 shows the chromatogram of total ion in caprine milk.

The same amount of volatile compounds was identified by Povolo *et al.* (2007) in ovine milk and by Mounchili *et al.* (2005) in bovine milk. The number of compounds detected in the milk samples was likely smaller than the number found in raw milk prior to analysis. This is because some micro-organisms and native milk enzymes may have been inactivated during the heating of the sample in the analysis, resulting in a decreased formation of volatile compounds (Tunick *et al.* 2013).

Amongst the identified compounds, octanoic acid (caprylic) and decanoic acid (capric) stand out with larger relative areas (%). These volatile fatty acids are reported to be responsible for the characteristic flavor in caprine milk (Ribeiro & Ribeiro, 2001). According to Mele *et al.* (2008), caprylic acid (8:0) and capric acid (10:0) are among the most characteristic fatty acids of goat's milk and are named after the species name. They are

characterized by a sharp and persistent odour, typical of goats. Carboxylic acids are not only aroma compounds, but they are precursors of other compounds such as methyl ketones, alcohols, aldehydes, lactones, esters (Collins *et al.* 2003). In relationship to the ketones, 2-heptanone is produced from the β -oxidation and decarboxylation of free fatty acids (Marilley & Casey, 2004) and 2-nonanone was described as “hot milk” odour (Carpino *et al.* 2004), and possibly originated from the heating milk for analysis.

Some of the chemical compounds that contribute to the milk flavor are directly linked to the diet of the animal. Povolo *et al.* (2007) identified the volatile compound limonene in the grazing by sheep and also in their milk, suggesting that this monoterpene may be derived from animal feed. The aldehyde nonanal was described as "soapy" odour, and also was identified in some plants consumed by sheep and cheese made with the corresponding milk (Carpino *et al.* 2004). Nonanal and heptanal are aldehyde that are formed from the oxidation of polyunsaturated fatty acids, which are present in large quantities in plants consumed by animals (Morand-Fehr & Tran, 2001; Elmore *et al.* 2005).

Two main hypotheses are that they are originated from the plants consumed by the animal or they are produced through the digestion of precursors (Kurka & Rankin, 2006). Most of these volatile organic compounds (such as several low molecular weight alcohols and ketones) are considered to be of metabolic origin (Coppa *et al.* 2011). During digestion and metabolism, changes that occur in feed components result in the most part of the volatile compounds present in milk, due to microbial and enzymatic processes up to the mammary synthesis (Addis *et al.* 2006).

4. Conclusions

The CCD in conjunction with response surface methodology was shown to be an adequate statistical tool for the optimization of extraction conditions of volatile compounds in

caprine milk by using SPME *headspace*. Through this statistical methodology, it was possible to identify the best conditions to maximize the the number of volatile compounds extracted, corresponding them to 15 minutes for equilibrium time, 30 minutes for extraction time and 45 °C for extraction temperature. Using these conditions, 19 different volatile compounds were identified, with a profile that comprises compounds belonging to the following classes: carboxylic acids, alcohols, aldehydes, ketones, hydrocarbons, terpenoids and furans. Amongst these compounds, octanoic acid (caprylic acid) and decanoic acid (capric acid) can be highlighted with having larger relative areas, and they are volatile fatty acids that relate to the characteristic flavor presented in caprine milk.

Acknowledgements

To Universidade Federal da Paraíba, for making the resources and technologies available for developing this research. To CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), for the financial support and for the scholarship offered.

Nomenclature

CCD	Central composite design
SPME	Solid phase micro extraction
GC	Gas chromatography
MS	Mass spectrometry
<i>Teq</i>	Equilibrium time in minutes
<i>Tex</i>	Extraction time in minutes
<i>T</i>	Extraction temperature in °C
RSM	Response Surface methodology
MLR	Multiple linear regression
ANOVA	Anlysis of variance
α	$(2^n)^{1/4} = 1.68$; where n = number of independent variables
Y_1	number of chromatographic peaks
LRI	Linear retention index
L	Literature

References

- Addis, M., Pinna, G., Molle, G., Fiori, M., Spada, S., Decandia, M., Cintu, M. F., Piredda, G. y Pirisi, A. (2006). The inclusion of a daisy plant *hrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet: 2. Effect on the volatile fraction of milk and cheese. *Livestock Science* 101, 68-80.
- Akhanazarova, S. y Kafarov, V. (1982). *Experiment optimization in chemistry and chemical engineering*. Moscow: Mir Publishers.
- Bay, D. y Boyaci, I. H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 78, 836-845.
- Bourriot, S., Garnier, C. y Doublier, J.L. (1999). Phase separation, rheology and microstructure of micellar casein-guar gum mixtures. *Food Hydrocolloids* 7, 90-95.
- Cais-Sokolinska, D., Majcher, M. y Pikul, J. (2011) The effect of *Camelina sativa* cake diet supplementation on sensory and volatile profiles of ewe's milk. *African Journal of Biotechnology* 10, 7245-7252.
- Carpino, S., Mallia, S., La Terra, S., Melilli, C., Licitra, G., Acree, T. E., Barbano, D. M. y Soest, P. J. V. (2004). Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science* 87, p. 816-830.
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H. y Wilkinson, M. G. (2003). Review: Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal* 13, 841-866.
- Contarini, G. y Povoio, M. (2002). Volatile fraction of milk: Comparison between purge and trap and solid phase microextraction techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 7350-7355.
- Coppa, M., Martin, B., Pradel, P., Leotta, B., Priolo, A. y Vasta, V. (2011). Milk volatile compounds to tace cows fed a hay-based diet or different grazing systems on upland pastures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59, 4947-4954.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., García-Parra, J., Delgado, F. J., González-Crespo, J. y Cava, R. (2010). Characterization of the volatile profile of a Spanish ewe raw milk soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening by SPME–GC–MS. *Food Chemistry* 118, 182-189.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R. y Ramírez, R. (2011). Changes in the volatile profile of a raw goat milk cheese treated by hydrostatic high pressure at different stages of maturation. *International Dairy Journal* 21,135-141.
- Dórea, H. S., Gaujac, A. y Navickiene, S. (2008). Microextração em fase sólida: aspectos termodinâmicos e cinéticos. *Scientia Plena* 4, 1-7.

- Elmore, J. S., Cooper, S. L., Enser, M., Mottram, D. S., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G. y Wood, J. D. (2005). Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Science* 69, 233-242.
- Feng, L., Huang, Y. y Wang, H. (2008). Solid-Phase Microextraction in Combination with GC-FID for Quantification of the Volatile Free Fatty Acids in Wastewater from Constructed Wetlands. *Journal of Chromatographic Science* 46, 577-584.
- Garruti, D. S., Santos, T. M., Gomes, B. L. y Magalhães, H. C. R. (2011). *Otimização da extração de compostos voláteis por microextração em fase sólida em headspace: exemplo da aguardente de cana*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 5 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 171).
- Heidari, H. R., Shahtaheri, S. J., Golbabaie, F., Alimohammadi, M. y Rahimi-Froushani, A. (2008). Optimization of Headspace Solid Phase Microextraction Procedure for Trace Analysis of Toluene. *International Journal Occupational Safety and Ergonomics* 14, 365-375.
- Jelèn, H. H., Majcher, M. y Dziadas, M. (2012). Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. *Analytica Chimica Acta*. 738, 13-26.
- Karatapanis, A. E., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., Savva, I. N. y Kontominas, M. G. (2006). Changes in flavour volatiles of whole pasteurized milk as affected by packaging material and storage time. *International Dairy Journal* 16, 750-761.
- Kurka, V. y Rankin, S. (2006). The effect of feedstuff on milk flavor. *Journal of Dairy Science* 89, 01-03.
- Liu, T. y Yang, T. (2002). Optimization of Solid-Phase Microextraction Analysis for Studying Change of Headspace Flavor Compounds of Banana during Ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 653-657.
- Madruga, M., Dantas, I., Queiroz, A., Brasil, L. y Ishihara, Y. (2013). Volatiles and Water- and Fat-Soluble Precursors of Saanen Goat and Cross Suffolk Lamb Flavour. *Molecules* 18, 2150-2165.
- Marilley, L. y Casey, M. G. (2004). Flavours of cheese products: Metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology* 90, 139-159.
- Milosavljevic, N., Blagojevic, P. D., Savic, D. S. y Radulovic, N. S. (2012). Application of HS-SPME-GC-MS- derived variables for monitoring ripening-induced changes in cheese volatile compounds. *Dairy Science and Technology* 92, 321-333.
- Mitelut, A., Culetu, A., Popa, M. y Niculita, P. (2011). Study on optimization of solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry analysis for the volatile fraction of pastures. *Romanian Biotechnology Letters* 16, 113-118.
- Morand-Fehr, P. y Tran, G. (2001). La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Productions Animales* 14, 285-302.

- Mouchili, A., Wichtel, J. J., Bosset, J. O., Dohoo, I. R., Imhofb, M., Altieri, B., Mallia, S. y Stryhn, H. (2005). HS-SPME gas chromatographic characterization of volatile compounds in milk tainted with off-flavour. *International Dairy Journal* 15, 1203-1215.
- Pellati, F., Benvenuti, S., Yoshizaki, F., Bertelli, D. y Rossi, M. C. (2005). Headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry analysis of the volatile compounds of *Evodia* species fruits. *Journal of Chromatographic* 1087, 265-273.
- Povolo, M., Contarini, G., Mele, M. y Secchiari, P. (2007). Study on the influence of pasture on volatile fraction of ewes' dairy products by Solid-phase Microextraction and Gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Dairy Science* 90, 556-569.
- Queiroga, R. C. R. E., Madruga, M. S., Galvão, M. S. y Costa, R. G. (2005). Otimização das condições de extração de compostos voláteis em leite caprino utilizando a técnica de extração e concentração simultânea. *Revista do Instituto Adolfo Lutz* 64, 97-103.
- Ribeiro, E. L. A. y Ribeiro, H. J. S. S. (2001). Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra. *Semina: Ciências Agrárias* 22, 229-235.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J. y Lyng, J. G. (2009). Characterization of volatile compounds generated in milk by high intensity ultrasound. *International Dairy Journal* 19, 269-272.
- Rodrigues, M. I. y Iemma, A. F. (2014). *Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos*, 3th ed.; Cárita: Campinas, São Paulo, 2014.
- Tunick, H., Iandola, S. K. y Van Hekken, D. L. (2013). Comparison of SPME Methods for Determining Volatile Compounds in Milk, Cheese, and Whey Powder. *Foods* 2, 534-543.
- Valente, A. L. P. y Augusto, F. (2000). Microextração por fase sólida. *Química Nova* 23, 523-530.
- Vasta, V., D'Alessandro, A. G., Priolo, A., Petrotosc, K. y Martemucci, G. (2012). *Small Ruminant Research* 105, 16-21.
- Yilmazcan, O., Tumay Ozer, E., Izgi, B. y Gucer, S. (2013). Optimization of Static Head-Space Gas Chromatography - Mass Spectrometry-Conditions for the Determination of Benzene, Toluene, Ethyl benzene, Xylene, and Styrene in Model Solutions. *Ekoloji* 22, 76-83.
- Zhang, Z., Yang, M. J. y Pawliszyn, J. (1994). Solid phase microextraction. A Solvent-Free Alternative for Sample Preparation. *Analytical Chemistry* 66, 844-853

Table 1. Factors and levels used for the CCD.

Independent variables	Levels				
	-1.68	-1	0	+1	+1.68
Equilibrium time (min)	7	10	15	20	23
Extraction time (min)	14	20	30	40	46
Extraction temperature (°C)	28	35	45	55	62

$\alpha = (2^n)^{1/4} = 1.68$; where n = number of independent variables.

Table 2. Central Composite Design for the three independent variables tested

Assay	Variable			Response
	T _{eq} (min)	T _{ext} (min)	T (°C)	Y _I
1	-1 (10)	-1 (20)	-1 (35)	11
2	1 (20)	-1 (20)	-1 (35)	6
3	-1 (10)	1 (40)	-1 (35)	13
4	1 (20)	1 (40)	-1 (35)	9
5	-1 (10)	-1 (20)	1 (55)	9
6	1 (20)	-1 (20)	1 (55)	6
7	-1 (10)	1 (40)	1(55)	19
8	1 (20)	1 (40)	1 (55)	11
9	- α (7)	0 (30)	0 (45)	12
10	+ α (23)	0 (30)	0 (45)	11
11	0 (15)	- α (14)	0 (45)	5
12	0 (15)	+ α (46)	0 (45)	8
13	0 (15)	0 (30)	- α (28)	3
14	0 (15)	0 (30)	+ α (62)	15
15	0 (15)	0 (30)	0 (45)	17
16	0 (15)	0 (30)	0 (45)	18
17	0 (15)	0 (30)	0 (45)	16

Y_I: number of chromatographic peaks

Table 3. Volatile compounds identified in caprine milk with their respective relative areas.

Class and compound name	LRI	Identification method	Area (%)
			Mean $\pm$ Standard deviation
Carboxylic acids			
Etanoic acid (acetic)	Nc	MS + L	8.09 $\pm$ 2.05
Octanoic acid (caprylic)	1196	MS + LRI	11.03 $\pm$ 4.88
Decanoic acid (capric)	1386	MS + LRI	16.11 $\pm$ 1.80
Alcohols			
1-Butanol	Nc	MS + L	2.26 $\pm$ 0.43
Maltol	1146	MS + LRI + L	5.23 $\pm$ 1.54
1-Nonanol	1177	MS + LRI + L	2.94 $\pm$ 0.36
Aldehydes			
Heptanal	914	MS + LRI + L	1.34 $\pm$ 0.71
E-2-heptenal	953	MS + LRI + L	0.93 $\pm$ 0.13
Nonanal	1117	MS + LRI + L	3.41 $\pm$ 0.32
Ketones			
2-Heptanone	901	MS + LRI + L	0.46 $\pm$ 0.16
2-Nonanone	1106	MS + LRI + L	2.77 $\pm$ 1.59
Hidrocarbons			
Undecane	1100	MS + LRI + L	2.22 $\pm$ 0.01
1-Decene	1032	MS + LRI + L	7.55 $\pm$ 4.61
Dodecane	1199	MS + LRI + L	2.47 $\pm$ 0.03
Tetradecane	1405	MS + LRI + L	3.81 $\pm$ 0.03
Pentadecane	1498	MS + LRI + L	5.66 $\pm$ 0.19
Terpenoids			
Limonene	1044	MS + LRI + L	0.46 $\pm$ 0.11
Furans			
2-Furanmethanol	886	MS + LRI + L	4.20 $\pm$ 3.00
2,4-Dihydroxy-2,5-dimethyl- 3(2H)-furan-3-one	1002	MS + LRI + L	3.26 $\pm$ 2.24

MS = Mass spectrometry; LRI = Linear retention index; L = Literature (www.odour.org.uk; Povolo *et al.* 2007; Vasta *et al.* 2012; Madruga *et al.* 2013; Cais-Sokolinska *et al.* 2011); Nc = Not calculated.

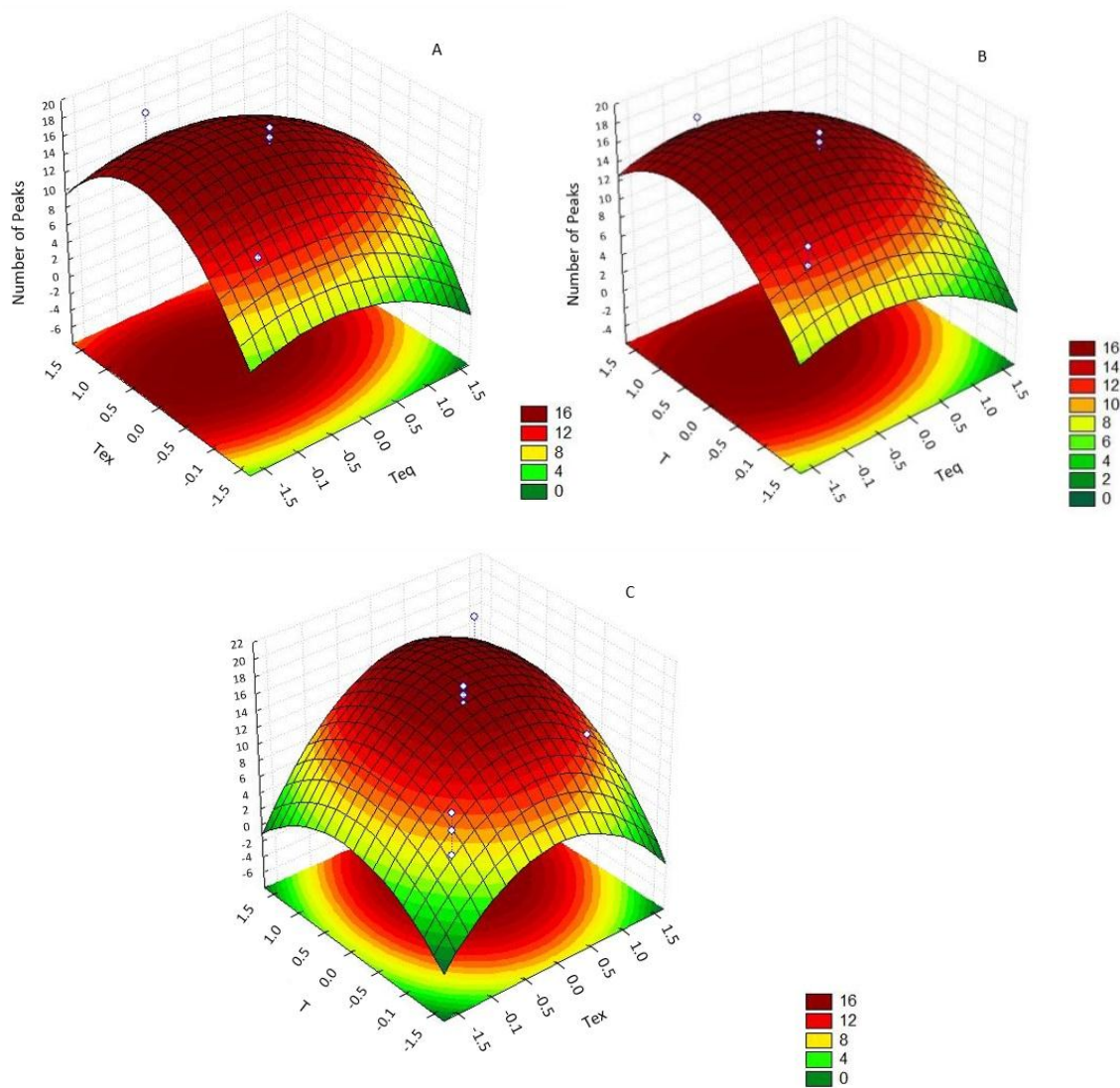


Figure 1. Response surfaces for the number of peaks (Y1) obtained from goat milk as a function of A: Tex (min) and Teq (min); B: Teq (min) and T (°C) and C: Tex (min) and T (°C).

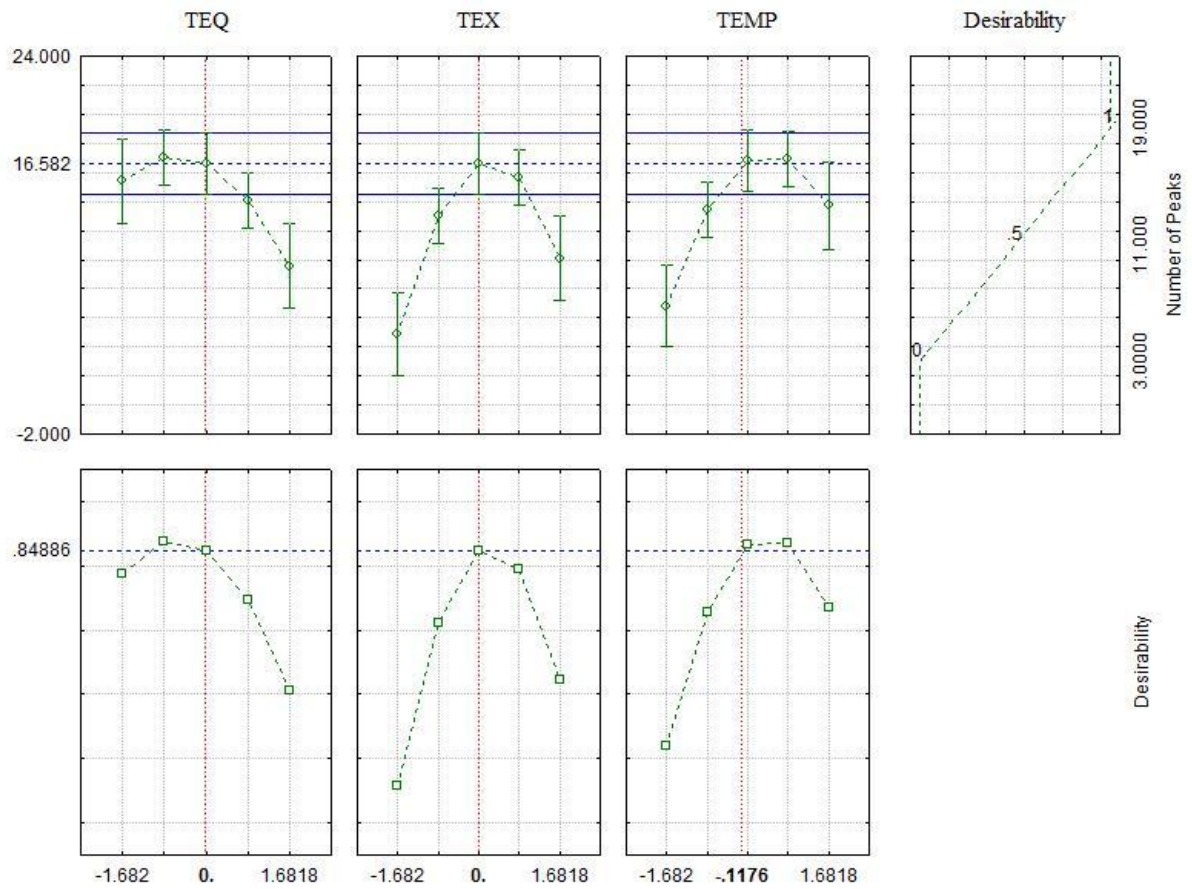


Figure 2. Profiles of predicted values and desirability to answer Y1

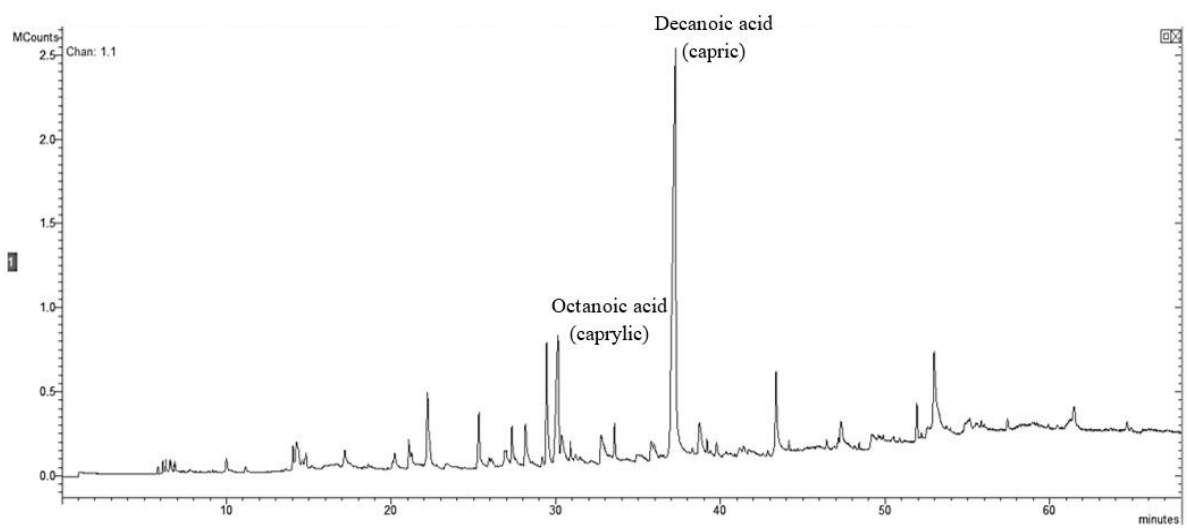


Figure 3. Chromatogram of total ions in caprine milk

ARTIGO 3

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, VOLÁTEIS E SENSORIAL DO LEITE E DO
QUEIJO DE CAPRINOS SOB A INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Perfil de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e do queijo de coalho caprino sob a influência do sistema de produção no Semiárido brasileiro

Amanda Marília da Silva Sant'Ana¹, Rui José Branquinho Bessa², Susana Paula Almeida Alves², Ariosvaldo Nunes de Medeiros³, Roberto Germano da Costa⁴, Ana Sancha Malveira Batista⁵, Marta Suely Madruga¹, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga^{1*}

¹ Post Graduate Program in Food Science and Technology, Food Engineering Department, Federal University of Paraíba, João Pessoa-PB, 58051-900, Brazil.

²Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, Portugal

³Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, Brasil

⁴Departamento de Agropecuária, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras - PB, Brasil

⁵Coordenação de Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral – CE, Brasil

Resumo

Neste estudo, foram avaliados os perfis de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e do queijo caprino sob a influência do sistema de produção na região semiárida brasileira. As cabras leiteiras mestiças foram divididas em dois grupos: cabras alimentadas em sistema de pastagem mais a suplementação concentrada (SP), e aquelas alimentadas em sistema de confinamento (SC), com feno e concentrado. O leite e o queijo de animais alimentados em SP apresentaram maior quantidade de ácido oleico (C18:1c9), esteárico (C18:0), de poli-insaturados (PUFA) e monoinsaturados (MUFA) totais, incluindo os monoinsaturados C16:1c7 C16:1c9 e C17:1c9, os isômeros *cis* e *trans* de C18:1, o ácido linoleico (C18:2n6), linolênico (C18:3n3), araquidônico (C20:4n6), ácidos graxos desejáveis (DFA) e maior razão PUFA/SFA, MUFA/SFA. Dois compostos terpênicos (α -terpineol e β -cariofileno), foram encontrados exclusivamente em leite e queijo de animais de pasto. O leite SP foi descrito com maior sabor herbáceo e o leite SC com maior aroma e sabor de manteiga e maior persistência residual. As variações entre os sistemas de produção não foram suficientes para promover diferenças perceptíveis nos atributos sensoriais dos queijos, mas, para o atributo aceitabilidade geral, tanto o leite quanto o queijo SP foram considerados mais aceitos pelos julgadores. O melhor sistema de produção a ser realizado na região semiárida nordestina é o sistema desenvolvido na pastagem nativa com suplementação, pois valoriza a criação de caprinos leiteiros na Caatinga, tornando-se uma alternativa economicamente vantajosa para os produtores e processadores de leite de cabra.

Palavras chave: Caatinga; cabras leiteiras; derivados lácteos; pasto nativo.

1. Introdução

A região semiárida do Nordeste brasileiro caracteriza-se por condições ambientais de terras áridas e de baixa pluviosidade, com a pecuária baseada em animais criados em pasto nativo com suplementação (Hilario et al., 2010; Bomfim et al., 2011). A pastagem natural do Semiárido, proveniente do bioma “Caatinga”, é formada por diversas espécies botânicas com alto potencial forrageiro, constituindo uma importante fonte alimentar para ovinos e caprinos desta região (Ferreira et al., 2009). As duas principais técnicas de alimentação para pequenos ruminantes produtores de leite são o sistema de pastagem e de confinamento (Morand-Fehr et al., 2007). As diferenças entre estes sistemas de produção dependem dos alimentos específicos e das plantas disponíveis para o consumo pelo animal (Goetsch et al., 2011).

A diversificação da dieta pode influenciar o conteúdo de ácidos graxos e teor de compostos voláteis do leite e queijo (Fedele et al., 2005; Bonanno et al., 2013), resultando em possível impacto sobre os atributos sensoriais. Alguns estudos demonstraram que o leite e queijo provenientes de ruminantes alimentados em sistema de pastagem apresentam melhores propriedades nutricionais, graças a maior quantidade de ácidos graxos mono e poli-insaturados, menor quantidade de ácidos graxos saturados e maior teor de terpenos, carregando uma imagem positiva para a saúde e nutrição humana (Morand-Fehr, et al 2007; Chilliard et al., 2007; Galina et al., 2007; Coppa et al., 2011b, 2011c).

Além dos efeitos benéficos para a saúde do consumidor, as diferenças na alimentação podem contribuir para a concepção de “*terroir*”, que é determinante para os produtos típicos e de qualidade protegida (Coppa et al., 2011b). A possibilidade de utilizar componentes do leite provenientes do metabolismo dos ruminantes e de metabólitos secundários de plantas como biomarcadores moleculares específicos ganhou atenção crescente na indústria de laticínios (Engel et al., 2007).

O queijo de coalho é um produto típico brasileiro, com médio a alto teor de umidade, produzido a partir de leite de vaca ou leite de cabra pasteurizados. Apresenta alto valor comercial, pois sua tecnologia de produção é simples, o rendimento é alto e bastante aceitável pelos consumidores (Oliveira et al., 2012). Os queijos de cabra são geralmente produzidos por empresas de pequena escala, e, portanto, o queijo artesanal e outros produtos à base deste leite podem auxiliar no desenvolvimento do setor caprino e melhorar as condições dos produtores rurais (Pajor et al., 2012).

A composição botânica da pastagem também tem um impacto na composição lipídica e nos compostos voláteis das plantas consumidas pelos animais, podendo influenciar a

quantidade e qualidade destes componentes no leite e queijo de ruminantes (Bugaud et al., 2001; Descalzo et al., 2012). Uma pastagem com alta biodiversidade aumenta as concentrações de monoterpenos e sesquiterpenos no leite e este efeito foi explicado pela presença de várias espécies de dicotiledôneas na área de pastagem (Villeneuve et al., 2013). No estudo de Coppa et al. (2011c), o leite de vacas alimentados em pastagem com maior quantidade de espécies de plantas dicotiledôneas foi mais rico em isômeros totais de *cis*-C18:1, ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos essenciais n-3 e n-6, enquanto que o leite de vacas em pastagem com maior quantidade de espécies da família *Poaceae* foi mais rico em isômeros totais de *trans*-C18:1, ácido rumênico e ácidos graxos poli-insaturados.

A influência da alimentação na quantidade e perfil de ácidos graxos, compostos voláteis e sensorial de leite e queijo de vacas e ovelhas tem sido demonstrada (Bonanno et al., 2013; Vasta et al., 2012; Coppa et al., 2011a, 2011b; Addis et al., 2006). No entanto, estudos com leite e queijo caprino tendo por base o sistema de produção ainda são escassos, e ausentes quando a região semiárida brasileira, que apresenta clima e vegetação particular do resto do país, é considerada. Assim, neste estudo objetivou-se avaliar o efeito do tipo de alimentação para cabras leiteiras, da região semiárida brasileira, no perfil de ácidos graxos, voláteis e sensorial do queijo coalho.

2. Material e métodos

2.1 Animais e dietas

Doze cabras mestiças (Sannen e Alpina-americana) foram utilizadas para o experimento, divididas em dois grupos: alimentadas em sistema de pastagem natural (SP) e aquelas alimentadas em sistema de confinamento (SC). As cabras apresentavam características clínicas saudáveis, com peso médio de $51,35 \pm 3,75$ kg e aproximadamente 45 dias de lactação. Os leites foram obtidos em três dias consecutivos de ordenha e a partir do leite de cada um dos três dias foi elaborado o queijo de coalho, tendo o dia de ordenha como repetição do processamento. Para o sistema de produção SP, as cabras tiveram acesso às áreas típicas da região, caracterizadas como pastagem nativa, na estação experimental da cidade de São João do Cariri (Paraíba, Brasil), conhecida pela expressiva prática desta atividade pecuária. As cabras foram liberadas para a pastagem após a primeira ordenha (às 07:00 horas), sendo recolhidas às 16:00 horas para a segunda ordenha. Posteriormente, foram conduzidas para baias individualizadas semelhantes as do SC, onde receberam suplementação concentrada na quantidade de 1,5% em relação ao peso vivo. Para o sistema SC, os animais

foram mantidos em baias individuais, com área de 3,75 m² em chão batido, feitas em madeira, orientadas no sentido leste-oeste, providas de comedouros e bebedouros, para fornecimento da dieta e água de forma constante durante todo o dia. A alimentação para este sistema foi composta pelo volumoso (a base de feno de capim elefante - *Pennisetum purpureum*) e pela suplementação concentrada na quantidade de 1 Kg/cabra/dia. A suplementação concentrada para ambos os sistemas foi calculada de acordo com a NRC (2007), baseada na ingestão mínima diária de nutrientes necessária para produção de leite e para manutenção do peso. A composição das dietas dos dois sistemas de produção podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual das dietas dos dois sistemas de produção.

Componentes da dieta	Sistema	
	Pasto ¹	Confinamento
Vegetação nativa “Caatinga”	Livre	-
Feno de capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	-	51%
Farelo de soja	30%	12,5%
Farelo de milho	69%	36%
Suplemento mineral	1%	0,5%

¹Suplementação concentrada calculada com base de 1,5% em relação ao peso vivo.

2.2 Composição botânica e amostragem das plantas

Na pastagem natural da região semiárida analisada, um total de 71 espécies de plantas de diferentes famílias foram encontradas. Estas espécies foram classificadas com relação a família botânica, e sete famílias principais foram consideradas (Figura 1). As espécies de plantas das famílias *Asteraceae*, *Fabaceae* e *Poaceae* foram as mais abundantes (11 % cada uma), seguidas das espécies de plantas das famílias *Malvaceae* (7 %), *Euphorbiaceae* (6 %), *Cactaceae* (4 %) e *Apocynaceae* (2 %).

Em seguida, realizou-se uma amostragem das plantas da vegetação nativa que eram mais consumidas pelos animais do SP. Por meio do procedimento de “simulação de pastagem”, duas cabras foram selecionadas aleatoriamente para acompanhamento e observação do seu regime de pastagem (CARPINO et al., 2004). Quatro espécies de plantas foram selecionadas como os principais alimentos consumidos pelas cabras: pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) e Malva (*Sida* sp.), que são das seguintes famílias botânicas: Pereiro (família

Apocynaceae), marmeleiro (família *Euphorbiaceae*), catingueira (família *Fabaceae*) e malva (família *Malvaceae*). A espécie botânica *Pennisetum purpureum* (Capim elefante), que foi fornecida como volumoso para os animais do SC, pertence à família *Poaceae*.

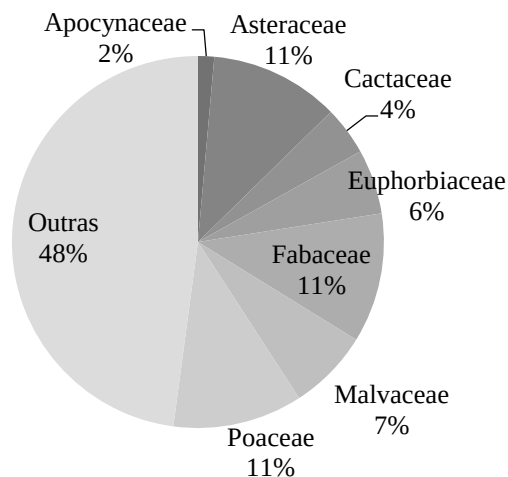


Figura 1. Percentual de contribuição das diferentes famílias botânicas na pastagem (Caatinga) da região analisada.

2.3 Elaboração do queijo de coalho

Os queijos foram elaborados de forma artesanal, onde os leites de cabra de cada grupo foram submetidos a tratamento térmico (65 °C/30 min), resfriados a 37 °C, adicionados de 0,5 mL/L de cloreto de cálcio a 50% e 0,9 mL/L de coalho comercial (Ha-la Christian Hansen[®]). Em seguida, foram mantidos em repouso por 40 minutos até a completa coagulação da massa. Após verificação do ponto de corte, a massa formada foi cuidadosamente cortada no sentido vertical e horizontal, drenada e salgada (1% de NaCl em relação ao peso da massa). A massa foi então distribuída em moldes perfurados de 250 g e submetida a prensas consecutivas durante 4 horas à temperatura ambiente. Após a prensagem da massa, os queijos foram embalados a vácuo e armazenados durante 12 dias em temperatura de refrigeração (4 ± 1 °C) até a realização das análises.

2.4 Análise de ácidos graxos

A extração e transesterificação das amostras de queijo para a análise de ácidos graxos foram realizadas da seguinte forma: 50 mg de queijo foram pesados e levados para um tubo de ensaio, onde adicionou-se 1 mL de n-hexano, 1 mL de padrão interno (C19:0, 1 mg/mL) e 0,2 mL de solução KOH em metanol. Agitou-se em vortex durante 3 min e manteve-se os tubos em repouso por aproximadamente 15 minutos. Em seguida, adicionou-se 1 mL de HCl em metanol e agitou-se em vortex (por 10 segundos). Os tubos foram então colocados em banho de água a 50 °C durante 10 min, e posteriormente resfriados à temperatura ambiente. Ao final, adicionou-se 2 mL de água ultrapura e 2 mL de n-hexano; seguido de agitação (10 segundos), centrifugação (5 minutos) e recolhimento do sobrenadante para um novo tubo com 0,5 g de sulfato de sódio anidro. Os tubos foram novamente agitados em vortex (30 segundos), centrifugados (5 minutos) e em seguida a fase de n-hexano foi retirada e transferida para um vial de GC, que foram fechados e transferidos para o congelador até a injeção das amostras. Os ácidos graxos sob a forma de ésteres metílicos foram analisados por cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama (GC-FID), utilizando-se um equipamento Shimadzu QP2010-plus (Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com uma coluna capilar de sílica-fundida (SP-2560, 100 m × 0,25 mm × 0,20 µm, Supelco, Bellefonte, PA, EUA). Durante a análise, o injetor e o detector foram mantidos a 250 °C e 280 °C, respectivamente. Utilizou-se hélio como gás de arraste a fluxo constante de 1 mL/min e foi injetada 1 µL de amostra. A programação da temperatura do forno foi: início a 50 °C (mantida durante 1 min), rampa de 50 °C/min até 150 °C (mantida durante 20 min), rampa de 1 °C/min até aos 190 °C (mantida durante 1 min) e finalmente rampa de 2 °C/min até 220 °C, onde foi mantida por 30 minutos (RAES et al., 2001).

2.5 Análise de compostos voláteis

A extração dos voláteis foi realizada pela técnica de SPME (Micro-extração em fase sólida). Para esta determinação, o leite caprino (20 mL) foi colocado em frasco de 100 mL e aquecido 45 °C por 15 minutos, antes da exposição da fibra. A fibra cinza (divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano - DVB/CAR/PDMS - 60 µm) foi então exposta ao *headspace*, fase gasosa acima da amostra, permanecendo por um período de 30 minutos. Todo esse procedimento foi realizado em banho Maria com agitação magnética de 700 rpm. A fibra foi posteriormente retraída para dentro da agulha e transferida para o injetor do

cromatógrafo a gás, onde os analitos foram dessorvidos por 5 minutos. Os compostos voláteis do queijo foram extraídos conforme otimização realizada por Bezerra et al. (2016).

Os compostos voláteis presentes no *headspace* das amostras foram identificados e quantificados utilizando sistema de cromatografia a gás Varian Saturn 2000R 3800 acoplado a espectro de massa Varian Saturn 2000R 2000 e coluna VF-5MS (60m x 0,25mm x 0,25 μ m). A programação da temperatura do forno do cromatógrafo gasoso foi iniciada a 40 °C por 10 minutos, seguida de rampa de 5 °C/minuto até atingir 240 °C, mantendo-se nesta temperatura por 11 minutos, concluindo o tempo de corrida equivalente a 61 minutos. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C e o gás hélio será utilizado como gás de arraste a uma vazão constante de 1,0 mL/minuto. Para identificação dos compostos voláteis, uma solução padrão de n-alcanos homólogos (C7-C30) foi analisada antes da injeção da amostra, para a obtenção do Índice de Retenção Linear (IRL) dos voláteis. Além disso, foi utilizado o banco de espectros da própria biblioteca do GC/MS, NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database (Version 1.7) e também comparou-se os espectros e os valores dos IRL dos voláteis do queijo caprino com os IRL da literatura.

2.6 Análise sensorial

Os leites e queijos caprinos foram submetidos à avaliação sensorial utilizando a técnica de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (Stone & Sidel, 1993). A proposta foi submetida à apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UFPB e aprovada sob Protocolo CAAE: 02228812.7.0000.5188. Foi utilizado um painel com 10 avaliadores treinados (com idade entre 20-30 anos), que foram selecionados com base na capacidade sensorial discriminatória. Foram realizadas sessões para desenvolvimento da terminologia descritiva e para familiarização dos avaliadores com os materiais de referências, bem como treinamento final dos julgadores. Os leites foram pasteurizados e avaliados sensorialmente após dois dias de armazenamento refrigerado, enquanto que os queijos foram avaliados após doze dias de armazenamento refrigerado. A avaliação sensorial foi realizada em cabines individuais, com iluminação branca, e amostras contendo, aproximadamente, 20 g ou mL servidas em copos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos. As amostras de leite foram analisadas quanto ao aroma (leite de cabra, manteiga, herbáceo), sabor (leite de cabra, manteiga, herbáceo) e sabor residual (intensidade e persistência). As amostras de queijo foram analisadas quanto aos seguintes atributos sensoriais: aparência (lisa, molhada, cor esbranquiçada e cor creme), aroma (leite de cabra, manteiga, herbáceo), sabor

(leite de cabra, manteiga, herbáceo, ácido e salgado) e textura (maciez e homogeneidade). A intensidade percebida de cada atributo foi verificada utilizando uma escala não estruturada de 9 cm, variando de 0 (fraco) a 9 (forte). Os provadores também avaliaram a aceitabilidade geral dos leites e queijos, com uma escala de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente).

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), tendo como fontes de variação os dois sistemas de alimentação, realizando-se o teste F ao nível de 5% de significância ($P < 0,05$) para comparação das médias. Em seguida, a análise dos componentes principais (ACP) foi aplicada para correlacionar os ácidos graxos, compostos voláteis e atributos sensoriais das amostras. O programa *Statistical Analysis System* versão 9.1 (SAS, 2002) foi utilizado para realização da análise estatística.

3. Resultados e discussão

3.1 Perfil de ácidos graxos

A composição de ácidos graxos do leite e queijo pode ser uma fonte de informação relevante sobre a dieta do animal. Os ácidos graxos mais abundantes em todas as amostras de leite e queijos estudadas foram o palmítico (C16:0), oleico (C18:1c9), mirístico (C14:0), esteárico (C18:0) e cáprico (C10:0) (Tabela 2).

O ácido oleico estava presente em maior quantidade tanto no leite ($P=0.0004$) quanto no queijo ($P=0.0103$) de animais alimentados no pasto. Villeneuve et al. (2013) também observaram uma maior concentração de C18:1c9 no leite de vacas alimentadas em pastagem, em relação ao leite dos animais alimentados com feno. O ácido oleico é o segundo mais abundante ácido graxo contido no leite e derivados, e sua quantidade e variabilidade é influenciada pela gordura da dieta animal e pela atividade da Δ^9 dessaturase (Palmquist et al., 2010; Fernandez et al., 2012). O leite e o queijo de animais alimentados em sistema de pastagem também apresentaram maiores quantidades de ácido esteárico (C18:0), de poli-insaturados (PUFA) e monoinsaturados (MUFA) totais, incluindo os monoinsaturados C16:1c7 C16:1c9 e C17:1c9, os isômeros *cis* e *trans* de C18:1, o ácido linoleico (C18:2n6) e linolênico (C18:3n3). Resultados semelhantes foram observados por Galina et al. (2007), em

queijos artesanais elaborados com leites de cabras com alimentação em sistema de pastagem, que apresentaram maior conteúdo de ácidos graxos insaturados. Bugaud et al. (2001a) também observaram que queijos de leite de vacas que foram alimentadas com dietas ricas em pastagem fresca, apresentaram maiores teores de ácido oleico e esteárico. Em contraste, o leite e o queijo de animais alimentados em sistema de confinamento apresentaram maiores quantidades de cada ácido graxo saturado (de C6:0 a C15:0) e ácido fitânico e, consequentemente, maior concentração de ácidos graxos saturados (SFA) totais.

Possivelmente, estes resultados estão relacionados com a diferença no tipo de alimentação entre os dois grupos estudados. Uma maior oferta de ácidos graxos insaturados na alimentação de ruminantes, como em dietas à base de pasto, causa uma biohidrogenação parcial dos ácidos graxos insaturados (AGI) no rúmen e, consequentemente, maiores concentrações de AGI no leite e produtos lácteos (Dhiman et al., 1999). No estudo de Chion et al. (2010), a composição de ácidos graxos das plantas da pastagem foi dominada pela elevada proporção de (AGI), resultando em leite e queijos mais ricos em AGI.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos¹ do leite e dos queijos de caprinos alimentados em diferentes sistemas de produção.

Ácidos Graxos	Leite		P value	Queijo		P value
	SP	SC		SP	SC	
C4:0	1.55	1.74	0.5350	1.92	2.14	0.1792
C6:0	1.84 ^b	2.23 ^a	0.0001	1.96 ^b	2.27 ^a	0.0087
C8:0	1.79 ^b	2.46 ^a	<.0001	2.02 ^b	2.39 ^a	0.0008
C10:0	6.52 ^b	8.95 ^a	<.0001	7.20 ^b	8.28 ^a	0.0004
C12:0	2.12 ^b	3.58 ^a	<.0001	2.60 ^b	3.26 ^a	<.0001
isoC14:0	0.11	0.12	0.0900	0.10 ^b	0.15 ^a	<.0001
C14:0	8.16 ^b	11.73 ^a	<.0001	9.07 ^b	10.86 ^a	<.0001
isoC15:0	0.23	0.24	0.4604	0.20 ^b	0.26 ^a	0.0020
anteisoC15:0	0.33 ^b	0.40 ^a	0.0008	0.34 ^b	0.42 ^a	<.0001
C14:1c9	0.08 ^b	0.15 ^a	<.0001	0.11 ^b	0.14 ^a	0.0073
C15:0	0.75 ^b	0.83 ^a	<.0001	0.74 ^b	0.86 ^a	0.0009
isoC16:0	0.37 ^a	0.27 ^b	<.0001	0.30	0.34	0.0518
C16:0	37.61 ^a	33.49 ^b	<.0001	33.69 ^a	31.68 ^b	<.0001
isoC17:0	0.40 ^a	0.38 ^b	0.0045	0.36	0.40	0.1142
C16:1c7	0.41 ^a	0.25 ^b	<.0001	0.41 ^a	0.31 ^b	0.0056
C16:1c9	0.99 ^a	0.94 ^b	0.0006	0.59 ^a	0.57 ^b	0.0440
Fitânico	0.10 ^b	0.18 ^a	<.0001	0.14 ^b	0.18 ^a	0.0002
C17:0	0.67 ^a	0.51 ^b	<.0001	0.60 ^a	0.53 ^b	<.0001
isoC18:0	0.06	0.07	0.7044	0.05 ^b	0.10 ^a	<.0001
C17:1c9	0.27 ^a	0.20 ^b	0.0001	0.25 ^a	0.23 ^b	0.0059
C18:0	10.76 ^a	8.10 ^b	<.0001	10.27 ^a	8.82 ^b	<.0001

C18:1t6+t8	0.16 ^a	0.12 ^b	0.0111	0.16 ^a	0.13 ^b	0.0038
C18:1t9	0.14 ^a	0.12 ^b	0.0012	0.16 ^a	0.13 ^b	0.0084
C18:1t10	0.17 ^a	0.11 ^b	0.0012	0.16 ^a	0.11 ^b	0.0001
C18:1t11	0.46 ^b	0.50 ^a	0.0022	0.51	0.50	0.2931
C18:1t12	0.21 ^a	0.15 ^b	0.0088	0.23 ^a	0.17 ^b	<.0001
C18:1c9	20.17 ^a	19.24 ^b	0.0004	21.72 ^a	21.21 ^b	0.0103
C18:1t15	0.07 ^a	0.04 ^b	0.0121	0.08 ^a	0.05 ^b	0.0075
C18:1c11	0.37 ^a	0.33 ^b	0.0017	0.38 ^a	0.31 ^b	0.0015
C18:1c12	0.13 ^a	0.05 ^b	0.0372	0.14 ^a	0.08 ^b	<.0001
C18:1t16+c14	0.13 ^a	0.07 ^b	0.0105	0.15 ^a	0.10 ^b	<.0001
C18:2n6	1.63 ^a	1.31 ^b	<.0001	1.95 ^a	1.38 ^b	<.0001
C20:0	0.29 ^a	0.23 ^b	0.0056	0.28	0.27	0.0696
C18:3n3	0.19 ^a	0.07 ^b	<.0001	0.21 ^a	0.10 ^b	0.0014
C20:1	0.03 ^b	0.04 ^a	0.0244	0.05	0.04	0.2338
CLAc9t11	0.26 ^b	0.36 ^a	<.0001	0.34 ^b	0.38 ^a	0.0035
C21:0	0.04	0.04	0.7720	0.05 ^b	0.05 ^a	0.0416
C22:0	0.09	0.07	0.0699	0.08	0.078	0.7538
C20:4n6	0.17	0.18	0.1293	0.17	0.16	0.1991
C23:0	0.02	0.02	0.6274	0.02	0.03	0.7287
C24:0	0.06	0.06	0.9807	0.04	0.05	0.0801
C22:5n3	0.05	0.05	0.3126	0.05 ^a	0.04 ^b	0.0035
SFA	73.89 ^b	75.71 ^a	<.0001	72.33 ^b	73.80 ^a	0.0003
MUFA	23.80 ^a	22.32 ^b	<.0001	25.08 ^a	24.07 ^b	0.0005
PUFA	2.31 ^a	1.97 ^b	<.0001	2.54 ^a	2.06 ^b	0.0343
Trans	1.35 ^a	1.11 ^b	0.0031	1.46 ^a	1.18 ^b	<.0001
PUFA/SFA	0.03 ^a	0.02 ^b	<.0001	0.04 ^a	0.03 ^b	0.0272
MUFA/SFA	0.32 ^a	0.29 ^b	<.0001	0.35 ^a	0.33 ^b	0.0002
IFA:SFA	0.35 ^a	0.32 ^b	<.0001	0.38 ^a	0.35 ^b	0.0002
DFA	36.87 ^a	32.39 ^b	<.0001	37.90 ^a	34.94 ^b	<.0001
n6/n3	7.41 ^b	12.47 ^a	<.0001	8.23 ^b	11.13 ^a	0.0232
IA	5.35 ^b	5.73 ^a	<.0001	5.44	5.31	0.5198

^{a, b} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (F Test, $p < 0.05$).

¹Ácidos graxos em % do total de ácidos graxos. SFA: ácidos graxos saturados; MUFA: ácidos graxos monoinsaturados, PUFA: ácidos graxos poli-insaturados, Trans: ácidos graxos trans; IFA: ácidos graxos insaturados; DFA: Ácidos graxos desejáveis (MUFA+PUFA+C18:0); IA: Índice de aterogenicidade $[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)]/MUFA + PUFA$. SP: Sistema à pasto; SC: Sistema de confinamento.

No entanto, ao contrário do que foi reportado por Bonanno et al. (2013) e Coppa et al. (2011c), que observaram que dietas à base de pasto promoveram um enriquecimento de CLAc9t11 em queijo e leite bovino, o maior conteúdo do isômero CLA foi encontrado no leite e queijo de animais alimentados em confinamento. As diferenças decorrentes de complexos processos metabólicos de biohidrogenação ruminal podem ter determinado este resultado.

De acordo com Palmquist et al. (2005), a biohidrogenação ruminal incompleta do ácido esteárico, associada com a acumulação de intermediários, surge quando: a dieta possui maior quantidade de ácidos graxos insaturados prontamente disponíveis; baixa quantidade de fibra, elevado nível de amido e mudanças no pH ruminal. As cabras do SC foram alimentadas com dieta contendo maior quantidade de concentrado, e conseqüentemente, menor quantidade de fibras foi ingerida por estes animais quando comparado as cabras do SP. Quando o teor de fibra da dieta é reduzido devido a níveis mais altos de concentrado, há redução do número de bactérias celulolíticas que são também responsáveis pela lipólise (Mele et al., 2008), interferindo na atividade enzimática associada à biohidrogenação e resultando no aumento de intermediários que “escaparam” deste processo, como o isômero CLAc9t11 (Bomfim et al., 2011).

Além disso, as alterações na síntese de intermediários individuais da biohidrogenação ruminal, associadas com níveis elevados de concentrado na dieta são possivelmente mediadas pelos efeitos sobre o pH do rúmen. As mudanças no pH ruminal estão associadas com alterações no equilíbrio da proliferação de bactérias específicas responsáveis pela biohidrogenação (Palmquist et al., 2005). Conseqüentemente, ocorre um incremento na fração de lipídeos dietéticos que atravessam a barreira ruminal sem ser reduzidos na biohidrogenação, especialmente ácido oleico e linoleico, que são ácidos graxos abundantes nos grãos de cereais. (Mele et al., 2008).

Outros fatores dietéticos que diminuem a lipólise e a biohidrogenação ruminal são a utilização de forragem muito madura, rica em lignina, que diminui a degradabilidade da alimentação, e de alimentos finamente moídos. No último caso, a aderência de bactérias à superfície dos alimentos ingeridos é fraca, e o fluxo de triglicerídeos através da barreira rúmen é aumentada, encurtando assim o tempo de exposição à ação das bactérias (Mele et al., 2008).

Ainda, Di Trana et al. (2005) observaram correlação positiva entre o conteúdo de CLA no leite caprino e maior presença de espécies botânicas da família *Gramineae* (*Poaceae*) na pastagem. Coppa et al. (2011c) verificaram que o leite de vacas alimentadas em pastagem com maior quantidade de espécies de plantas da família *Poaceae* foi mais rico em ácido rumênico. Estas observações reforçam os resultados observados neste estudo, uma vez que os animais do sistema de confinamento receberam maior quantidade de feno de *Pennisetum purpureum* (capim elefante) e maior quantidade de concentrado.

O sistema de pastagem também resultou em leite e queijo com maior quantidade ($p < 0.05$) de ácidos graxos desejáveis (DFA), maior razão PUFA/SFA e MUFA/SFA, e menor

razão n6/n3, conforme também observado no estudo de Pajor et al. (2012) com queijo caprino. De acordo com Prache et al. (2005), os lipídios das plantas contêm uma quantidade superior de ácido linolênico (C18:3n-3), um composto que não é sintetizado por animais, enquanto que as dietas de concentrado que incluem grãos contêm uma quantidade elevada de ácido linoleico (C18:2n6). Assim, o leite e queijo do SP podem fornecer aos consumidores ácidos graxos considerados desejáveis, visto que os ácidos graxos insaturados são considerados benéficos para a saúde e nutrição humana, uma vez que diminuem o risco de doenças cardiovasculares (Descalzo et al., 2012).

O ácido linolênico (C18:3n3) é precursor de PUFA n-3, tais como o ácido docosapentaenoico (C22:5n3), eicosapentaenoico (C20:5n3) e ácido docosaheptaenoico (C22:7n3), que são necessários para diversos processos metabólicos no corpo humano, sendo importantes para prevenir a doença cardíaca coronária (DCC) (Pajor et al., 2012). A maior presença de ácidos graxos insaturados bem como a relação entre ácidos graxos n6 e n3, além de ser utilizada para avaliar a qualidade nutricional da gordura do queijo, pode também ser utilizada para discriminar produtos derivados de animais alimentados apenas com concentrado daqueles alimentados com pasto (Vasta et al., 2012; Pajor et al., 2012), o que é interessante para consumidores que valorizam a “imagem verde” que os alimentos possam trazer. Devido a facilidade de acesso a informação, mudanças nos hábitos de escolha de produtos pelas pessoas estão sendo observadas, com o aumento na procura por alimentos produzidos de forma orgânica e/ou provenientes de sistemas de produção sustentável (Kalac, 2011). Assim, a modulação do sistema de alimentação influenciou a qualidade dos ácidos graxos estudados, sendo o sistema de pastagem uma importante estratégia para minimizar os AGS e aumentar MUFA e PUFA na gordura do leite e queijo de coalho caprino.

3.2 Compostos voláteis dos leites e queijos

Compostos voláteis que pertencem a nove famílias químicas foram encontrados nos leites e queijo de cabras alimentados em sistema de pastagem (SP) e confinamento (SC) (Tabela 3). No leite e queijo SP, o número de compostos voláteis totais encontrados foi maior (17 e 27 voláteis, respectivamente) do que no leite e queijo SC (12 e 14 voláteis, respectivamente). Estes resultados confirmam a hipótese de que o sistema de pastagem pode fornecer leite e queijo com maior variedade e quantidade de compostos voláteis, como também anteriormente observado em leite e queijo bovino (Carpino et al., 2004; Martin et al., 2005).

Tabela 3. Compostos voláteis* identificados no leite e no queijo de caprinos alimentados em diferentes sistemas de produção.

Classe e composto	LRI		Leite		Pvalue	Queijo		Pvalue
	Leite	Queijo	SP	SC		SP	SC	
<i>Ácidos carboxílicos</i>			358.49 ^a	115.55 ^b	0.0126	248.2 ^a	30.4 ^b	0.0108
Ethanoic acid	<600	<600	2.26	2.23	0.9719	0.31	nd	
Pentanoic acid	999		23.7	nd		nd	nd	
Heptanoic acid		1021	nd	nd		7.95	nd	
Octanoic acid	1190	1216	64.8 ^a	23.53 ^b	0.0109	44.30 ^a	6.38 ^b	<.0001
n-Decanoic acid	1387	1434	233.3 ^a	67.10 ^b	0.0258	179.50 ^a	24.07 ^b	0.0185
Dodecanoic acid	1578	1644	31.13	22.67	0.3865	17.44	nd	
Tetradecanoic acid	1824		2.06	nd		nd	nd	
<i>Álcoois</i>			18.70	14.64	0.7950	13.87	12.36	0.7238
Ethanol		<600	nd	nd		4.36	nd	
1-Butanol	<600	<600	2.09	nd		1.61	1.46	0.7717
1-Pentanol		754	nd	nd		nd	4.49	
1-Hexanol	770	778	1.94	nd		1.53	0.65	0.1500
1-Octanol		798	nd	nd		nd	5.76	
Maltol	1141	1175	14.67	14.64	0.9965	6.37	nd	
<i>Aldehydes</i>				9.27		6.90 ^a	1.62 ^b	0.0170
3-Hydroxy-butanal	738		nd	1.51		nd	nd	
Undecanal	1113	1142	nd	7.76		6.90 ^a	1.62 ^b	0.0170
<i>Cetonas</i>						3.00	nd	
2-Pentadecanone		1789	nd	nd		3.00	nd	
<i>Éster</i>			2.96			1.10	nd	
Ethyl acetate		<600	nd	nd		1.10	nd	
Nonanol acetate	1166		2.96	nd		nd	nd	
<i>Hidrocarbonetos</i>						44.67	10.63	0.0652
Pentane 2,3,4-trimethyl		755	nd	nd		1.70	nd	
Heptane		762	nd	nd		2.84	0.76	0.1368
Heptane 2,2-dimethyl		786	nd	nd		1.55	nd	
Octane		798	nd	nd		11.59	7.50	0.2743
Octene		806	nd	nd		17.73	nd	
2-Octene		814	nd	nd		3.99	nd	
3-Octene		817	nd	nd		3.13	2.37	0.5515
Nonane		899	nd	nd		2.16	nd	
<i>Furanos</i>			28.65	26.38	0.4186	23.21	1.10	0.1640
2-Furanmethanol	882	884	5.15	4.38	0.5267	0.92		0.1672
2,4-Dihydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furan-3-one	997	1017	23.5	22.0	0.2151	22.91	1.10	0.1669
<i>Piranos</i>			37.17	25.31	0.4320	13.93	3.88	0.4231
4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	1173	1199	37.17	25.31	0.4320	13.93	3.88	0.4231
<i>Terpenos</i>			4.56	0.58	0.0788	7.78	0.84	0.0674
α -Pinene	945	956	0.97 ^a	0.18 ^b	0.0325	1.10 ^a	0.20 ^b	0.0291
Limonene	1057	1062	0.76	0.40	0.4911	0.82	0.64	0.5111
α -Terpineol	1101	1107	1.68	nd		3.75	nd	
β -Caryophyllene	1506	1511	1.15	nd		4.30	nd	

* Their abundance was expressed as average area counts of their mass spectra base peak divided by 10⁵.

^{a, b} Different letters in the same row indicate significant statistical differences (F Test, p < 0.05).

LRI = Índice de retenção linear; MS = Espectro de massa; L = Literatura (www.odour.org.uk; Povolo et al. 2007; Vasta et al., 2012); Nd = Não identificado.

Leite e queijos de cabras SP apresentaram maior teor ($p < 0.05$) de ácidos carboxílicos, particularmente os ácidos octanoico (caprílico) e decanoico (cáprico). Pajor et al. (2012) também observaram uma maior quantidade de C8:0 e C10:0 em queijos de cabras alimentadas em pastagem extensiva quando comparado ao queijo de leite de cabras alimentadas com feno em sistema de confinamento. No leite do sistema de produção realizado no pasto, foram observados 3 álcoois (1-Butanol, 1-Hexanol e Maltol), enquanto que no leite SC apenas o 1 álcool (Maltol). No estudo de Povolo et al. (2007), pastagens mais variadas em sua composição botânica apresentaram maior quantidade de álcoois do que pastagens de cultivo específico e pode justificar a maior quantidade destes compostos no leite SP.

Com relação aos queijos, os álcoois primários 1-Pentanol, 1-Octanol e 1-Nonanol foram observados apenas no queijo SC; 1-Butanol e 1-Hexanol em ambos os queijos e Etanol e Maltol apenas no queijo SP. A presença de uma maior quantidade de álcoois nos queijos do que no leite pode ser explicada pelas reações bioquímicas que acontecem durante o processamento e armazenamento do queijo. Álcoois primários são produzidos principalmente pela redução de aldeídos e metil cetonas correspondentes (Marilley; Casey, 2004). O etanol é um álcool derivado da fermentação da lactose ou do catabolismo de aminoácidos (McSweeney, 2004; Kalac, 2011). É também o álcool mais comum disponível para a reação com os ácidos graxos de cadeia curta presentes nos queijos, que resulta na produção de ésteres (McSweeney, 2004).

Cetonas e ésteres foram observados apenas no leite e queijo de pasto. Carpino et al. (2004) também observaram que as cetonas foram encontradas apenas nos queijos de vacas alimentadas no pasto. As cetonas estão presentes em óleos essenciais de muitas plantas (Fedele, 2008) e isso pode explicar a presença das cetonas exclusivamente no queijo SP, visto que este sistema de produção envolveu o consumo de maior variedade de plantas por parte dos animais e a presença do éster (acetato de etilo) observado apenas no queijo de pastagem possivelmente teve sua produção relacionada com o etanol também detectado apenas neste queijo.

No queijo SP, foi observada a presença em maior quantidade do aldeído Undecanal. Alguns hidrocarbonetos (Pentano, 2,3,4-trimethyl, heptano, 2,2-dimethyl, octeno, 2-octeno e nonano), foram encontrados apenas neste queijo e os hidrocarbonetos octano, heptano e 3-octeno foram encontrados na mesma concentração ($p > 0.05$) em ambos os queijos. Muitos hidrocarbonetos são formados a partir da oxidação de alguns ácidos graxos (Wsowicz et al., 2004). Os ácidos graxos também são os principais precursores de alguns outros compostos, como hidrocarbonetos, metil cetonas, ácidos graxos livres, aldeídos, lactonas e ésteres de etilo

(Leuven et al., 2008). Não foram observadas diferenças ($p>0.05$) na quantidade de pirano e furanonas entre os leites e entre os queijos deste estudo. Possivelmente, estes compostos observados não têm relação direta com a alimentação animal, uma vez que são produtos típicos da reação de Maillard, como um resultado da degradação térmica de hexoses na presença de aminas durante o aquecimento do leite (Nursten, 2005; Cais-Sokolińska et al., 2011).

Dos 17 compostos voláteis encontrados no leite SP, 7 estavam ausentes no leite SC, e no queijo de pastagem, dos 27 compostos totais, 14 estavam ausentes em queijos provenientes de animais de confinamento. A presença exclusiva de alguns compostos voláteis no leite e queijo SP voláteis é difícil de esclarecer e relacionar diretamente com a alimentação animal. Poucas informações estão disponíveis sobre a transferência direta de álcoois, cetonas, ácidos, aldeídos e outros compostos voláteis da pastagem para os produtos lácteos. Além disso, a presença de compostos voláteis nos queijos pode ser devido ao fato que, durante seu processamento e maturação, os principais componentes do leite (proteína, gordura e lactose) são submetidos a reações que liberam vários compostos voláteis resultantes do metabolismo de lipídios, proteínas e lactose (McSweeney; Sousa, 2000).

No entanto, a presença de terpenos no leite e queijo está bastante relacionada com a dieta animal, pois estes compostos podem passar das plantas para o leite e seus derivados, com pequena ou nenhuma alteração durante o metabolismo (Agabriel et al., 2007). Os terpenos representam uma grande classe química de moléculas, formadas pela condensação de unidades de isopreno (C_5) e suas subclasses recebem o nome a partir do número de unidades de isoprenos: monoterpenos ($10C$), sesquiterpenos ($15C$), triterpenos ($30C$) (González-Burgos; Gomez-Serranillos, 2012). São compostos amplamente distribuídos na natureza, como metabólitos secundários sintetizados pelas plantas e que não são sintetizados pelos animais (Prache et al., 2005).

O sistema de alimentação não refletiu em mudanças ($p>0.05$) na concentração de limoneno dos leites e queijos estudados. Villeneuve et al., (2013) também não observaram diferenças na quantidade desse composto no leite de vacas alimentadas com feno, silagem e pastagem. O limoneno é um monoterpeno comumente presente em muitos tipos de plantas e, assim, seria ineficaz na tentativa de rastreabilidade de queijos produzidos em diferentes sistemas de alimentação (Renna et al., 2012). O terpeno α -pineno foi prevalente no leite e queijo de pasto, sendo observada uma menor ($p<0.05$) quantidade deste composto volátil no leite e queijo de confinamento. Resultados semelhantes foram observados por Chion et al., (2010) em queijo ‘Toma piemontese’ de leite de vacas.

Entretanto, dois compostos terpênicos (α -terpineol e β -cariofileno) foram encontrados exclusivamente no leite e queijo de animais de pasto. O α -terpineol é um monoterpene derivado do limoneno, por meio da epoxidação da ligação dupla na unidade isoprenil (Marosta Júnior; Pastore, 2007). O β -cariofileno é um sesquiterpene importante do óleo essencial de várias espécies de plantas (Silva et al., 2012) e foi observado em outros queijos, como o “Ossolano” (Zeppa et al., 2002) e queijo “Bitto” (Noni et al., 2008). Os efeitos das diferenças na alimentação animal podem contribuir para a concepção de “território”, que é determinante para os produtos típicos (por exemplo, denominação de origem protegida, indicação geográfica protegida) (Coppa et al., 2011b; Kalac, 2011). Assim, a presença destes dois compostos de forma exclusiva nos produtos lácteos indica origem na alimentação animal, podendo ser considerados como biomarcadores vegetais.

Além do aspecto relacionado a biomarcadores vegetais, os terpenos são importantes pois alguns já foram descritos com propriedades antibacterianas, anticancerígenas e antioxidantes (Brewer et al., 2011). Uma atividade anti-inflamatória do β -cariofileno em ratos e camundongos foi constatada por Bakir et al. (2008). No estudo de Engel et al. (2007), o β -cariofileno foi um dos cinco sesquiterpenos identificados como potenciais marcadores da dieta de vacas à base de pastagem natural, sugerindo que a discriminação com base em terpenos está relacionada, pelo menos parcialmente, na predominância das plantas presentes nestas pastagens naturais.

Uma segunda hipótese que possa explicar a diferença no conteúdo de terpenos dos leites e queijos está relacionada com a composição botânica da pastagem “Caatinga”. Pastagens ricas em dicotiledôneas, em particular *Apiaceae*, *Asteraceae*, e *Lamiaceae*, possuem uma maior quantidade e variedade de terpenos do que as ricas em gramíneas (*Poaceae*), que contém apenas os terpenos mais comuns (Cornu et al., 2001b; Bugaud et al., 2001b). De fato, neste estudo, a composição botânica da pastagem “Caatinga”, que foi a alimentação prevalente das cabras do grupo SP, apresentou maior número de espécies das famílias de dicotiledôneas (*Apiaceae*, *Lamiaceae* e *Asteraceae*), enquanto que na alimentação de cabras SC, estas famílias foram ausentes, sendo predominante a família *Poaceae* (*Gramineae*). No estudo de Chion et al. (2010) esta relação das famílias botânicas com a maior presença de terpenos também foi observada.

Os resultados deste estudo indicam o aparecimento de compostos voláteis exclusivos nos leites e queijos do sistema de produção no pasto, provenientes do metabolismo secundário das plantas do Bioma caatinga, fornecendo a possibilidade de contribuir para a rastreabilidade

da origem do produto, fator determinante para produtos típicos caprinos da região Nordeste brasileira.

3.4 Perfil sensorial dos queijos

A aceitabilidade de um alimento pelo consumidor depende das suas características sensoriais, como aroma, textura e sabor. Na análise sensorial dos leites, os julgadores descreveram os leites do SC com maior aroma de manteiga ($p=0.0275$), maior sabor de manteiga ($p=0.0102$) e maior persistência residual (0.0169), enquanto que os leites SP foram descritos com maior sabor herbáceo ($p=0.0002$). Este maior sabor herbáceo pode ser explicado pela presença dos compostos 1-Butanol e 1-Hexanol nesta amostra, uma vez que estes compostos foram descritos como contribuintes para notas frutadas ou herbáceas (Nogueira et al., 2005) e também com odor de flores, frutas e frutas fermentadas (Abilleira et al., 2010).

O sistema de produção não afetou ($p>0.05$) a maioria dos atributos sensoriais dos queijos (Figura 2). No entanto, para o atributo aceitabilidade geral, tanto o leite quanto o queijo SP foram considerados mais aceitos ($p<0.05$) pelos julgadores. De acordo com Agabriel et al. (2004), o tempo de maturação curto não permite que os provadores possam perceber os efeitos da dieta animal nas propriedades sensoriais dos queijos.

De fato, queijos de coalho são comercializados normalmente após 10 (dez) dias de fabricação e devem ser consumidos ainda frescos (Pagani et al., 2012). Além do pequeno tempo de armazenamento do queijo de coalho antes da realização da análise, o grau de lipólise (que influencia consideravelmente o sabor, aroma e textura de queijos) (McSweeney; Sousa, 2000) possivelmente deve ter sido baixo, indicando que apenas uma pequena parte da microflora natural resistiu à pasteurização do leite, já que culturas lácteas não foram adicionadas ao processo de fabricação dos queijos.

No estudo de Coppa et al. (2011a), o painel sensorial não conseguiu perceber diferença entre queijos de leite de vacas alimentadas em pastagem rotacional e contínua, em 12 semanas de maturação. As diferenças só tornaram-se perceptíveis após 24 semanas, que é um tempo muito superior ao do nosso estudo. Coppa et al. (2011c) também observaram fraca relação do tipo de sistema de alimentação (pasto x confinamento) nas propriedades sensoriais de queijos elaborados com leite de vaca, e sugeriram que outros fatores relacionados ao manejo de pastejo podem estar envolvidos na determinação destas características. Ainda, no estudo de Bonanno et al. (2013), dos 14 atributos definidos pelos provadores para descrever e

comparar queijos “Caciocavallo palermitano” de animais em sistema extensivo e intensivo, apenas em 5 atributos as diferenças foram observadas.

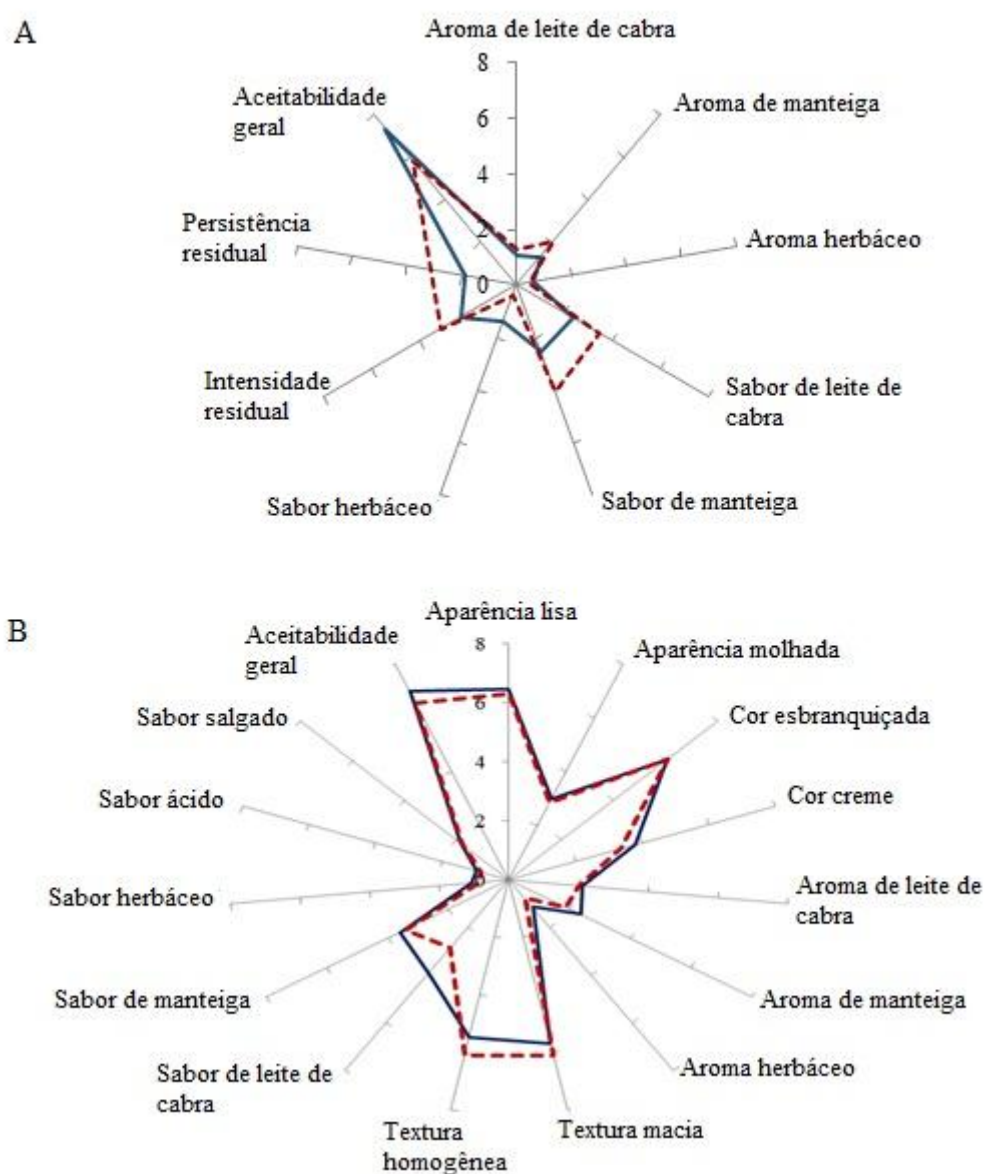


Figura 2. Representação gráfica da avaliação sensorial por análise descritiva quantitativa (ADQ) do leite (A) e queijo de coalho (B) de cabras em sistema de produção à pasto (—) e confinamento (-----).

Em outros estudos também destinados a avaliar os efeitos da alimentação animal nas propriedades sensoriais de queijos bovinos, foi demonstrado que o leite de animais alimentados a pasto fornecem queijos mais suaves, mais cremosos, mais elásticos, amarelados, com um odor e sabor mais intensos; enquanto que o queijo de animais em

sistemas interiores foram mais amargos e salgados e com maior odor intenso e de manteiga (Bonanno et al., 2013; Coppa et al., 2011a; Carpino et al., 2004).

As características sensoriais dos leites e queijos deste estudo também podem ter sofrido influência da composição botânica da pastagem, que foi mais rica em espécies da família de dicotiledôneas, que adicionam aroma frutado/herbáceo, caprino/animal e notas amargas aos produtos lácteos (BUGAUD et al., 2001). Além disso, é possível que as propriedades sensoriais sejam de natureza sazonal, uma vez que as plantas consumidas mudam suas características dependendo da época do ano, por mudanças no clima e no solo da região (Carpino et al., 2004).

Uma ampla variabilidade nas propriedades sensoriais é possível de ser encontrada entre os diferentes estudos que envolvem sistemas de produção, visto que estas características também dependem da composição botânica, estágio fenológico das plantas e do manejo do pastejo (Coppa et al. 2011a).

As diferenças no processo de fabricação dos queijos também influenciam as características sensoriais finais. No estudo de Medeiros et al. (2013), a suplementação de óleos vegetais na alimentação de cabras leiteiras da região semiárida brasileira não afetou as características sensoriais do queijo de cabra, sendo justificado pelos fatores tecnológicos resultantes do processo de fabricação.

As semelhanças percebidas pelos provadores pode se tornar uma vantagem para os consumidores brasileiros, permitindo que eles possam adquirir produtos de pastejo com as mesmas características extrínsecas dos lácteos comumente disponíveis no mercado, porém agregando características intrínsecas mais satisfatórias. Estas características se referem ao melhor perfil de compostos voláteis e de ácidos graxos observados tanto no leite quanto nos queijos de pastagem, que são considerados fatores benéficos e positivos para a saúde humana, o que é de grande e crescente interesse pelos consumidores atuais.

3.5 Análise de Componentes Principais (ACP)

Na análise de componentes principais (ACP) para os ácidos graxos, voláteis e atributos sensoriais dos queijos elaborados com leite de caprinos alimentados em sistema de pastagem e confinamento, os primeiros dois componentes principais (CP) explicaram 70.26% da variância total entre as amostras. Assim, para representação gráfica, duas dimensões foram apresentadas (Figura 3).

O primeiro componente principal (59,07%) foi positivamente relacionado com C18:1c9, C18:2n6, C18:3n3, MUFA, PUFA, Trans, DFA, n3n6, ácidos carboxílicos, aldeídos, hidrocarbonetos, terpenos e aroma herbáceo, enquanto que o CLAc9t11, SFA e n6n3 foram negativamente correlacionados com o PC1. O PC2 (11.19%) foi positivamente relacionado com C20:4n6, álcoois, furanos e a textura homogênea, e inversamente relacionado com IA, piranos, sabor de leite de cabra e aceitabilidade geral.

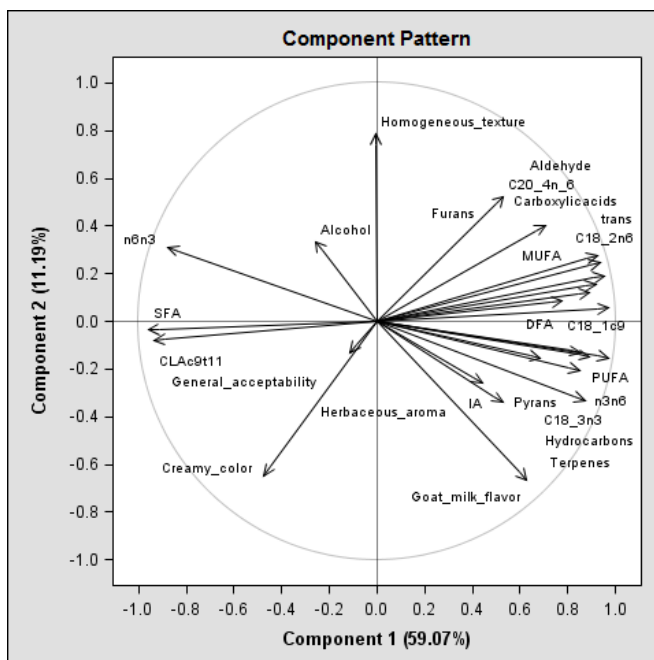


Figura 3. Componentes principais (CP) dos ácidos graxos, voláteis e atributos sensoriais do queijo de caprinos em diferentes sistemas de alimentação.

Os componentes C18:3n3 (0.252566), SFA (-0.250095), DFA (0.252562), textura homogênea (0.469505), sabor de leite de cabra (-0.397642), C20:4n6 (0.313935) e cor creme (-0.386429) foram os atributos com maiores vetores (coeficientes > 0,25) e, consequentemente, com maior importância “*factor loading*” na ACP. Assim, ao analisar a correlação entre estes atributos, percebe-se que o ácido linolênico (C18:3n3) e os ácidos graxos desejáveis (DFA), observados em maior quantidade nos queijos de pastagem, apresentaram uma forte correlação negativa com os ácidos graxos saturados/SFA (-0.9124) e (-0.9909), respectivamente. Além disso, o ácido linolênico (C18:3n3) tem forte correlação positiva com os ácidos graxos desejáveis/DFA (0.9106), o sabor de leite de cabra (0.7025) e C20:4n6 (0.4904).

Estes dados confirmam que sistemas de produção baseados na alimentação animal em pastagem promovem um enriquecimento de ácidos graxos poli-insaturados no leite e derivados, que resultam em efeito positivo na saúde do consumidor, bem como apresenta influência nos atributos sensoriais. A textura homogênea, definida pelos provadores como sendo a propriedade relacionada à ausência de grumos percebidos ao degustar o produto, apresentou correlação negativa com o sabor de leite de cabra (-0.4915) e a cor creme (-0.4663), confirmando outros estudos que observaram que os queijos de pastagem apresentam menor firmeza (Coppa et al., 2011c), sabor relacionado a espécie animal mais intenso (Bugaud et al., 2001b) e coloração mais amarelada, possivelmente como resultado do maior conteúdo de compostos carotenoides presentes nas plantas do pasto (Carpino et al., 2004).

De acordo com Chilliard et al. (2003), as modificações na dieta animal podem permitir mudanças rápidas e eficientes na composição de ácidos graxos do leite de cabra, com efeitos potenciais sobre outros aspectos de qualidade dos produtos lácteos caprinos, tais como sabor, aroma, valor nutritivo e impactos positivos para a saúde dos consumidores.

4. Conclusões

O sistema de produção realizado no semiárido brasileiro mostrou ter influência sobre o perfil de ácidos graxos e compostos voláteis do leite e queijo de coalho caprino. O leite e queijo de animais alimentados no sistema de produção realizado no Bioma caatinga contém compostos voláteis exclusivos, provenientes do metabolismo secundário das plantas. Além disso, a maior presença de ácidos graxos insaturados indica maior qualidade da gordura encontrada no leite e queijo das cabras alimentadas na pastagem, uma vez que podem ser benéficos para a saúde e nutrição humana, sendo este sistema de produção uma importante estratégia para minimizar os ácidos graxos saturados e aumentar MUFA e PUFA na gordura do leite e queijo. Estes atributos estudados podem ser uma ferramenta útil para discriminar e indicar a procedência dos produtos, com base no tipo de criação e alimentação, pois fornecem a possibilidade de contribuir para a concepção de “território”, fator determinante para os produtos típicos caprinos do Nordeste brasileiro. As variações entre os sistemas de produção são suficientes para promover diferenças nos descritores sensoriais dos leites, mas não dos queijos. No entanto, tanto o leite como o queijo proveniente do sistema de pastagem são mais bem aceitos pelos provadores. Os resultados provenientes da execução deste estudo sugerem que o melhor sistema de produção a ser realizado na região semiárida nordestina é o sistema desenvolvido na pastagem nativa com suplementação, pois valoriza a criação de caprinos leiteiros na Caatinga, tornando-se uma alternativa economicamente vantajosa para os

produtores e processadores de leite de cabra. Além disso, desde que sejam consideradas as exigências nutricionais do rebanho e respeitadas o equilíbrio do ecossistema, é possível melhorar e aperfeiçoar o sistema de produção e obter produtos diferenciados e com valor agregado para o consumidor.

Referências

- Abilleira, E.; Schlichtherle-Cerny, H.; Virto, M.; Renobales, M.; Barron, L. R. R. Volatile composition and aroma-active compounds of farmhouse Idiazabal cheese made in winter and spring. *International Dairy Journal*, v. 20, p. 537-544, 2010.
- Addis, M.; Pinna, G.; Molle, G.; Fiori, M.; Spada, S.; Decandia, M.; Cintu, M. F.; Piredda, G.; Pirisi, A. The inclusion of a daisy plant (*hrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet: 2. Effect on the volatile fraction of milk and cheese. *Livestock Science*, v. 101, p. 68-80, 2006.
- Agabriel, C.; Martin, B.; Sibra, C.; Bonnefoy, J. C.; Montel, M. C.; Didienne, R.; Hulin, S. Effect of dairy production system on the sensory characteristics of Cantal cheeses: a plant-scale study. *Animal Research*, v. 53, p. 221-234, 2004.
- Agabriel, C.; Cornu, A.; Journal, C.; Sibra, C.; Grolier, P.; Martin, B. Tanker milk variability according to farm feeding practices: Vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 4884-4896, 2007.
- Bakir, B.; Him, A.; Ozbek, H.; Duz, E.; Tutuncu, M. Investigation of the antiinflammatory and analgesic activities of β -caryophyllene. *International Journal of Essential Oil Therapeutics*, v.2, p. 41-44, 2008.
- Bezerra, T. K. A.; Araújo, A. R. R.; Arcanjo, N. M. O.; Silva, F. L. H.; Queiroga, R. C. R. E.; Madruga, M. S. Optimization of the HS-SPME-GC/MS technique for the analysis of volatile compounds in caprine Coalho cheese using response surface methodology. *Food Science and Technology*, v. 36, p. 103-110, 2016.
- 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.
- Bonanno, A.; Tornambè, Bellina, V.; De Pasquale, C.; Mazza, F.; Maniaci, G.; Di Grigoli, A. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 96, p.710-724, 2013.
- Boorton, J., Foster, J., 2002. Alpha-tocopherol concentration and case life of lamb muscle as influenced by concentrate or pasture finishing. *J. Anim. Sci.* 80, 2513-2521.
- Brewer, M. S. Natural antioxidant: Sources, compounds, mechanism of action, and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 10, p. 221-247, 2011.

Bugaud, C.; Buchin, S.; Coulon, J. B.; Hauwuy, A.; Dupont, D. Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. *Lait*, v. 81, p. 401-414, 2001a.

Bugaud, C.; Buchin, S.; Hauwuy, A.; Coulon, J. B. Relationship between flavor and chemical composition of abundance cheese derived from different types of pastures. *Lait*, v. 81, p. 757-773, 2001b.

Burdank, M., 2001. Cancer-Preventing properties of essential oil monoterpenes d-Limonene and Perilla Alcohol. *Cancer Res.* 69, 111-130.

Cais-sokolinska, D.; Majcher, M.; Pikul, J. The effect of *Camelina sativa* cake diet supplementation on sensory and volatile profiles of ewe's milk. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, p. 7245-7252, 2011.

Carpino, S.; Mallia, S.; La Terra, S.; Melilli, C.; Licitra, G.; Acree, T. E.; Barbano, D. M.; Soest, P. J. V. Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science*, v. 87, p. 816-830, 2004.

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, p.1751-1770, 2003.

Chilliard, Y.; Glasser, F.; Ferlay, A.; Bernard, L.; Rouel, J.; Doreau, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 109, p.828-855, 2007.

Chion, A. R.; Tabacco, E.; Giaccone, D.; Peiretti, P. G.; Battelli, G.; Borreani, G. Variation of fatty acid and terpene profiles in mountain milk and "Toma piemontese" cheese as affected by diet composition in different seasons. *Food Chemistry*, v. 121, p. 393-399, 2010.

Collomb, M.; Butikofer, U.; Sieber, R.; Jeangros, B.; Bosset, J. O. Correlations between fatty acids in cows' milk fat produced in the lowland, mountain and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *International Dairy Journal*, v. 12, p. 661-666, 2002.

Coppa, M.; Verdier-Metz, I.; Ferlay, A.; Pradel, P.; Didienne, R.; Farruggia, A.; Montel, M. C.; Martin, B. Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. *International Dairy Journal*, v. 21, p. 815-822, 2011a.

Coppa, M.; Martin, B.; Pradel, P.; Leotta, B.; Priolo, A.; Vasta, V. Milk volatile compounds to trace cows fed a hay-based diet or different grazing systems on upland pastures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, p. 4947-4954, 2011b.

Coppa, M.; Ferlay, A.; Monsallier, F.; Verdier-Metz, I.; Pradel, P.; Didienne, R.; Farruggia, A.; Montel, M. C.; Martin, B. Milk fatty acid composition and cheese texture and appearance from cows fed hay or different grazing systems on upland pastures. *Journal of Dairy Science*, v. 94, p.1132-1145, 2011c.

Cornu, A.; Carnat, A. P.; Martin, B.; Coulon, J. B.; Lamaison, J. L.; Berdagué, J. L. Solid phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 203-209, 2001.

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*, n. 38, p. 307-321, 2009.

De Noni, I.; Battelli, G. Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and “Bitto” cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures. *Food Chemistry*, v. 109, p. 299-309, 2008.

Descalzo, A. M.; Rossetti, L.; Páez, R.; Grigioni, G.; García, P.T.; Costabel, L.; Negri, L.; Antonacci, L.; Salado, E.; Bretschneider, G.; Gagliostro, G.; Comerón, E.; Taverna, M. A. Differential characteristics of milk produced in grazing systems and their impact on dairy products. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*, p. 339-368, 2012.

Dhiman, T. R.; Anand, G. R.; Satter, L. D.; Pariza, M. W. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 2146-2156, 1999.

Di Trana, A.; Cifuni, G. F.; Impemba, G.; Braghieri, A.; Claps, S.; Rubino, R. Relations hips among diet botanical composition, milk fatty acid and herbage fatty acid content in grazing goats. *Options Méditerranéennes*, v. 67, p. 269- 273, 2005.

Dutcosky, S. D. Análise sensorial de alimentos. 2 ed. ver. e ampl. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.

Engel, E., Ferlay, A., Cornu, A., Chilliard, Y., Agabriel, C., Bielicki, G., et al. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p. 9099-9108, 2007.

Fedele, V. Aromatic and Nutritional Quality of Goat's Milk. In: *Dairy Goats Feeding And Nutrition*. Edited by: Cannas, A.; Pulina, G., CABI: UK, 2008.

Fedele, V.; Claps, S.; Rubino, R.; Sepe, L.; Cifuni, G. F. Volatile compounds in herbage intake by goats in two different grazing seasons. *Options Méditerranéennes*, v. 67, p. 261-267, 2005a.

Fedele, V.; Rubino, R.; Claps, S.; Sepe, L.; Morone, G. (2005c) Seasonal evolution of volatile compound content and aromatic profile in milk and cheese from grazing goats. *Small Ruminant Research*, v. 59, p. 273-279, 2005b.

Ferreira, M. A.; Silva, F. M.; Bispo, S. V.; Azevedo, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p. 322-329, 2009.

Galina, M. A.; Osnaya, F.; Cuchillo, H. M.; Haenlein, G. F. W. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Ruminant Research*, v.71, p. 264-272, 2007.

Goetsch, A. L.; Zeng, S. S.; Gipson, T. A. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*, v. 101, p. 55-63, 2011.

Gonzalez-Burgos, E.; Gomez-Serranillos, M. P. Terpene compounds in nature: a review of their potential antioxidant activity. *Current Medicinal Chemistry*, v.19, p.5319-5341, 2012.

Hilario, M. C.; Puga, C. D.; Ocaña, A. N.; Romo, F. Pérez-Gil. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *Journal of Dairy Research*, v. 77, p. 20-26, 2010.

Kalač, P. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chemistry*, v. 125, p. 307-317, 2011.

Leuven, I. V.; Van Caelenberg, T.; Dirinck, P. Aroma characterisation of Gouda-type cheeses. *International Dairy Journal*, v. 18, p. 790-800, 2008.

Liu, S. Q.; Holland, R.; Crow, V. L. Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review. *International Dairy Journal*, v. 14, p. 923-945, 2004.

Marilley, L.; Casey, M. G. Flavours of cheese products: Metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, v. 90, p.139-159, 2004.

Maróstica Júnior. M. R.; Pastore, G. M. Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas. *Química Nova*, v. 30, p. 382-387, 2007.

Martin, B.; Verdier-Metz, I.; Buchin, S.; Hurtaud, C.; Coulon, J.B. How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? *Animal Science*, 81, 205-212, 2005.

McSweeney, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, v. 57, n. 2/3, 2004.

McSweeney, P. L. H.; Sousa, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening. A review. *Lait*, v. 80, p. 293-324, 2000.

Medeiros, E. J. L.; Queiroga, R. C. R. E.; Medeiros, A. N.; Bomfim, M. A. D.; Batista, A. S. M.; Félex, S. S. S.; Madruga, M. S. Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the semiarid region of Brazil. *Small Ruminant Research*, v. 113, p. 211-218, 2013.

Mele, M.; Buccioni, A.; Serra, A.; Antongiovanni, M.; Secchiari, P. Lipids of Goat's Milk: Origin, Composition and Main Sources of Variation. In: *Dairy Goats Feeding And Nutrition*. Edited by: Cannas, A.; Pulina, G., CABI: UK, 2008.

Morand-Fehr, P.; Fedele, V.; Decandia, M.; Frileux, Y. L. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, v. 68, p. 20-34, 2007.

Noni, I.; Giovanna Battelli, G. Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and "Bitto" cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures. *Food Chemistry*, v. 109, p. 299-309, 2008.

NRC, 2007. National Research Council. *Nutrient Requirement of Small Ruminants*. National Academic, Washington, DC, 384p.

Nursten H (2005) *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications*. RSC, Cambridge.

Oliveira, M. E. G.; Garcia, E. F.; Queiroga, R. C. R. E.; Souza, E. L. Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. *Scientia Agricola*, v. 69, p. 370-379, 2012.

Pagani, A. A. C.; Santana, M. M.; Alexandre, A. P. S.; Silva, E. A.; Silva, G. F. Aplicação de biopelículas pigmentadas em queijo de coalho application the biofilms pigmented in coalho cheese. *Revista Geintec*, v. 3, p. 41-47, 2012.

Pajor, F.; Steiber, O.; Tasi, J. Influence of extensive grazing on cheese composition, yield and fatty acids content of goats. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v. 18, p. 487-492, 2012.

Palmquist, D.; Lock, A. L. Shingfield, K. J.; Bauman, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 50, p. 179-217, 2005.

Palmquist, D. Great discoveries of milk for a healthy diet and a healthy life. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 465-477, 2010

Povolo, M.; Contarini, G.; Mele, M.; Secchiari, P. Study on the influence of pasture on volatile fraction of ewes' dairy products by Solid-phase Microextraction and Gas Chromatography-mass Spectrometry. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 556-569, 2007.

Prache S.; Cornu A.; Berdagué, J. L.; Priolo, A. Traceability of grass-feeding in small ruminants meat and milk: A review. *Options Méditerranéennes* v. 67, p. 423-428, 2005.

Queiroga, R. C. R. E.; Matias, S. M. G.; Santos, M. M., Barbosa, I. C.; Garcia, E. F.; Souza, E. L.; Oliveira, C. E. V.; Sousa, H. M. H. Goat milk cheese analysis on physical-chemical characteristics, fatty acids microbiological quality and profile aspects. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 68, p.411-418, 2009.

Raes, K.; Smet, S. D.; Demeyer, E. D. Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 253-260, 2001.

Renna, M.; Cornale, P.; Lussiana, C.; Giordano, M.; Belviso, S.; Zeppa, G.; Battaglini, L. M. Efficacy of fatty acids and terpenoids and weakness of electronic nose response as tracers of Asiago d'Alvevo PDO cheese produced in different seasons. *Dairy Science & Technology*, v. 92, p. 203-218, 2012.

Silva, L. P.; Maia, P. V. M.; Teófilo, T. M. N. G.; Barbosa, R.; Ceccatto, V. M.; Souza, A. N. C.; Cruz, J. S.; Cardoso, J; H. L. Trans-Caryophyllene, a natural sesquiterpene, causes tracheal smooth muscle relaxation through blockade of voltage-dependent Ca^{2+} Channels. *Molecules*, v. 17, p. 11965-11977, 2012.

Stone, H.; Sidel, J. *Sensory evaluation practices*. New York: Academic Press, 1993, 338 p.

Vasta, V.; D'Alessandro, A. G.; Priolo, A.; Petrotos, K.; Martemucci, G. Volatile compound profile of ewe's milk and meat of their suckling lambs in relation to pasture vs. indoor feeding system. *Small Ruminant Research*, v. 105, p. 16-21, 2012.

Villeneuve, M. P.; Lebeuf, Y.; Gervais, R.; Tremblay, G. F.; Vuillemard, J. C.; Fortin, J.; Chouinard, P. Y. Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage. *Journal of Dairy Science*, v. 96, p. 7181-7194, 2013.

Whale, K., Heys, D.S., Rotondo, D., Conjugated linoleic acid: are they beneficial or detrimental to health? *Prog Lipid Research*, v. 43, p. 553-587, 2004.

Wijendran, V.; Hayes, K. C. Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annual Review of Nutrition*, v. 24, p. 597-615, 2004.

Wsowicz¹, E.; Gramza, A.; Hêœ¹, M.; Jeleñ¹, H. H.; Korczak¹, J.; Maecka, M.; Mildner-Szkudlarz, S.; Rudzińska¹, M.; Samotyja, U.; Zawirska-Wojtasiak, R. Oxidation of lipids in food. *Polish Journal of Food And Nutrition Sciences*, v. 13, p. 87-100, 2004.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta potencial para criação de ruminantes leiteiros, em especial para a caprinocultura. A produção de alimentos para o rebanho no semiárido é desafiadora, por conta das condições peculiares do meio que influencia de forma quantitativa e qualitativa a forragem. Para garantir a exploração racional e sustentável deste ambiente é fundamental o conhecimento dos fatores climáticos que interferem no seu bioma (Caatinga), objetivando possibilitar maior tempo de pastejo durante o ano, pois o sistema de produção realizado no pasto com suplementação é a forma mais econômica para o produtor, graças à economia de custos com as rações concentradas. A criação de caprinos leiteiros na pastagem do semiárido brasileiro deve ser valorizada, pois além de favorecer a geração de renda, produz leite e queijo com composição de ácidos graxos e voláteis mais interessante para o consumidor, que procura por alimentos contendo gordura considerada mais saudável, bem como compostos de sabor e aroma que remetam a origem do produto e com alegação funcional.

Os objetivos propostos nesta Tese foram alcançados, uma vez que foi possível obter as melhores condições de extração de compostos voláteis do leite caprino pela técnica de microextração em fase sólida (SPME), bem como a hipótese inicial foi considerada verdadeira, uma vez que o sistema de produção realizado na região semiárida no Nordeste brasileiro influenciou e alterou, conforme o tipo de sistema, o perfil de ácidos graxos, compostos voláteis e atributos sensoriais do leite e queijo de coalho caprino.

No entanto, como perspectiva futura, sugere-se que outros estudos sejam realizados ainda no leite e queijo caprino, que compreendam o período chuvoso da região e que envolvam análises de ácidos graxos e compostos voláteis de um maior número possível das plantas da caatinga. Assim, estas informações podem, adicionalmente ao exposto neste estudo, contribuir e subsidiar o preenchimento de conhecimentos científicos ainda inexistentes acerca da relação entre a composição de ácidos graxos, volátil e sensorial do leite e queijo caprino, sob a influência de diferentes sistemas de produção e estações climáticas no bioma caatinga do semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ABILLEIRA, E.; SCHLICHTERLE-CERNY, H.; VIRTO, M.; RENOBATES, M.; BARRON, L. R. R. Volatile composition and aroma-active compounds of farmhouse Idiazabal cheese made in winter and spring. **International Dairy Journal**, v. 20, p. 537-544, 2010.
- ADDIS, M.; CABIDDU, A.; PINNA, G.; DECANDIA, M.; PIREDDA, G.; PIRISI, A.; MOLLE, G. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid *cis*-9, *trans*-11. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 3443-3454, 2005.
- ADDIS, M.; PINNA, G.; MOLLE, G.; FIORI, M.; SPADA, S.; DECANDIA, M.; CINTU, M. F.; PIREDDA, G.; PIRISI, A. The inclusion of a daisy plant (*Chrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet: 2. Effect on the volatile fraction of milk and cheese. **Livestock Science**, v. 101, p. 68-80, 2006.
- AGABRIEL, C.; MARTIN, B.; SIBRA, C.; BONNEFOY, J. C.; MONTEL, M. C.; DIDIENNE, R.; et al. Effect of dairy production system on the sensory characteristics of Cantal cheeses: a plant-scale study. **Animal Research**, v. 53, p. 221-234, 2004.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo e arbórea de uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 19, p. 615-623, 2005.
- ANDRADE, A. P.; SOUSA, E. S.; SILVA, D. S.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos 'pulsos - reservas'. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 138-155, 2006.
- BAKIR, B.; HIM, A.; OZBEK, H.; DUZ, E.; TUTUNCU, M. Investigation of the antiinflammatory and analgesic activities of β -caryophyllene. **International Journal of Essential Oil Therapeutics**, v.2, p.41-44, 2008.
- BANNI, S.; MURRU, E.; ANGIONI, E.; CARTA, G.; MELIS, M. P. Conjugated linoleic acid isomers (CLA): Good for everything? **Science Aliments**, v. 22, p.371-380, 2002.
- BAUMAN, D. E.; LOCK, A. L. Conjugated linoleic acid: biosynthesis and nutritional significance. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.) **Advanced dairy chemistry**. 3 ed. New York: Springer, v.2, p.93-136, 2006.
- BAY, D.; BOYACI, I. H. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 836-845, 2007.
- BELURY, M. A. Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. **Annual Review Nutrition**, v. 22, p. 505-531, 2002.
- BENDALL, J. G. Aroma compounds of fresh milk from New Zealand cows fed different diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4825-4832, 2001.

BENÍCIO, T. M. A.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. M. A.; SILVA, G. L. S.; DINIZ, F. H. Cinética ruminal de forrageiras nativas e o desempenho produtivo de cordeiros Santa Inês, alimentados com feno de malva branca e mata-pasto. **Revista Verde**, v. 6, p. 106-112, 2011.

BEZERRA, T. K. A.; ARAÚJO, A. R. R.; ARCANJO, N. M. O.; SILVA, F. L. H.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MADRUGA, M. S. Optimization of the HS-SPME-GC/MS technique for the analysis of volatile compounds in caprine Coalho cheese using response surface methodology. **Food Science and Technology**, v. 36, p. 103-110, 2016.

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.

BONANNO, A.; TORNAMBÈ, G.; BELLINA, V.; DE PASQUALE, C.; MAZZA, F.; MANIACI, G.; DI GRIGOLI, A. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p.710-724, 2013.

BOUGNOUX, P., HAJAJI, N., MAHEO, K., COUET, C., CHEAVLIER, S. (2010): Fatty acids and breast cancer: Sensitization to treatments and prevention of metastatic re-growth. **Progress in Lipid Research**, v. 49, p.76-86, 2010.

BUGAUD, C.; BUCHIN, S.; COULON, J. B.; HAUWUY, A.; DUPONT, D. Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. **Lait**, v. 81, p. 401-414, 2001.

CABIDDU, A.; DECANDIA, M.; ADDIS, M.; PIREDDA, G.; PIRISI, A.; MOLLE, G. Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 59, p. 169-180, 2005.

CAIS-SOKOLINSKA, D.; MAJCHER, M.; PIKUL, J. The effect of *Camelina sativa* cake diet supplementation on sensory and volatile profiles of ewe's milk. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 7245-7252, 2011.

CARPINO, S.; MALLIA, S.; LA TERRA, S.; MELILLI, C.; LICITRA, G.; ACREE, T. E.; BARBANO, D. M.; SOEST, P. J. V. Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 816-830, 2004.

CHEN, S.; BOBE, G.; ZIMMERMANN, S.; HAMMOND, E. G.; LUHMAN, C. M.; BOYLSTON, D.; et al. Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid composition. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, p. 3422-3428, 2004.

CHEN, S.; BOBE, G.; ZIMMERMANN, S.; HAMMOND, E. G.; LUHMAN, C. M.; BOYLSTON, D., et al. Physical and sensory properties of dairy products from cows with

various milk fatty acid composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 52, p. 3422-3428, 2004.

BREWER, M. S. Natural antioxidant: Sources, compounds, mechanism of action, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 221-247, 2011.

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, p.1751-1770, 2003.

CHILLIARD, Y.; GLASSER, F.; FERLAY, A.; BERNARD, L.; ROUEL, J.; DOREAU, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science Technology**, v. 109, p.828-855, 2007.

CHION, A. R.; TABACCO, E.; GIACCONE, D.; PEIRETTI, P. G.; BATTELLI, G.; BORREANI, G. Variation of fatty acid and terpene profiles in mountain milk and “Toma piemontese” cheese as affected by diet composition in different seasons. **Food Chemistry**, v. 121, p. 393-399, 2010.

COLLINS, Y. F.; MCSWEENEY, P. L. H.; WILKINSON, M. G. Review: Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. **International Dairy Journal**, v. 13, p. 841-866, 2003.

COPPA, M.; VERDIER-METZ, I.; FERLAY, A.; PRADEL, P.; DIDIENNE, R.; FARRUGGIA, A.; MONTEL, M. C.; MARTIN, B. Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. **International Dairy Journal**, v. 21, p. 815-822, 2011a.

COPPA, M.; MARTIN, B.; PRADEL, P.; LEOTTA, B.; PRIOLO, A.; VASTA, V. Milk volatile compounds to trace cows fed a hay-based diet or different grazing systems on upland pastures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 4947-4954, 2011b.

COPPA, M.; FERLAY, A.; MONSALLIER, F.; VERDIER-METZ, I.; PRADEL, P.; DIDIENNE, R.; FARRUGGIA, A.; MONTEL, M. C.; MARTIN, B. Milk fatty acid composition and cheese texture and appearance from cows fed hay or different grazing systems on upland pastures. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p.1132-1145, 2011c.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. A região semiárida brasileira. In: **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. EMBRAPA, 2011.

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.

COULON, J. B.; DELACROIX-BUCHET, A.; MARTIN, B.; PIRISI, A. Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. **Lait**, v. 84, p. 221-241, 2004.

- COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; PINTO, A. P. A pecuária como atividade estabilizadora no Semiárido Brasileiro. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, p. 9-17, 2013.
- COUTO, S. K. A.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. M. A.; BENICIO, T. M. A.; SANTOS, J. R. S. Degradabilidade *in situ* do rolão e farelo de milho em caprinos e ovinos deslanados mantidos em sombra natural e artificial no semiárido paraibano. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, p.1415-1423, 2009.
- CROISSANT, A. E.; WASHBURN, S. P.; DEAN, L. L.; DRAKE, M. A. Chemical properties and consumer perception of fluid milk from conventional and pasture-based production systems. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p.4942-4953, 2007.
- DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica de Tecnología Alimentaria**, v. 31, p.165-178, 1991.
- DANTAS, A. F.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; SANTOS, E. M.; SOUSA, B. B.; CÉZAR, M. F. Características da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastejo e submetidos a diferentes níveis de suplementação. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1280-1286, 2008.
- DELGADO, F. J.; GONZÁLEZ-CRESPO, J.; CAVA, R.; GARCÍA-PARRA, J.; RAMÍREZ, R. Characterization of the volatile profile of a Spanish ewe raw milk soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening by SPME-GC-MS. **Food Chemistry**, v. 118, p. 182-189, 2010.
- DELGADO, F. J.; GONZÁLEZ-CRESPO, J.; CAVA, R.; RAMÍREZ, R. Changes in the volatile profile of a raw goat milk cheese treated by hydrostatic high pressure at different stages of maturation. **International Dairy Journal**, v. 21, p. 135-141, 2011.
- DESCALZO, A. M.; ROSSETTI, L.; PÁEZ, R.; GRIGIONI, G.; GARCÍA, P. T.; COSTABEL, L.; NEGRI, L.; ANTONACCI, L.; SALADO, E.; BRETSCHNEIDER, G.; GAGLIOSTRO, G.; COMERÓN, E.; TAVERNA, M. A. Differential characteristics of milk produced in grazing systems and their impact on dairy products. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**, p. 339-368, 2012. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/39316.pdf>. Acesso: 09 fev. 2016.
- DÓREA, H. S.; GAUJAC, A.; NAVICKIENE, S. Microextração em fase sólida: aspectos termodinâmicos e cinéticos. **Scientia Plena**, v. 4, p. 1-7, 2008.
- DRUMOND, M. A. Recomendações para o uso sustentável da biodiversidade no bioma caatinga. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, V. L. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; p. 341-346, 2004.
- DUBROEUCQ, H.; MARTIN, B.; FERLAY, A.; PRADEL, P.; VERDIER-METZ, I.; CHILLIARD, Y.; AGABRIEL, J.; COULON, J. B. Cow's feeding may modify sensory properties of milk. **Rencontres Recherches Ruminants**, v. 9, p.351-354, 2002.

ENGEL, E.; FERLAY, A.; CORNU, A.; CHILLIARD, Y.; AGABRIEL, C.; BIELICKI, G.; MARTIN, B. Relevance of isotopic and molecular biomarkers for the authentication of milk according to production zone and type of feeding of the cow. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9099-9108, 2007.

EVANS, M. E.; BROWN, J. M.; McINTOSH, M. K. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 508-516, 2002.

FEDELE, V.; RUBINO, R.; CLAPS, S.; SEPE, L.; MORONE, G. Seasonal evolution of volatile compounds content and aromatic profile in milk and cheese from grazing goat. **Small Ruminant Research**, v. 59, p. 273-279, 2005.

FEDELE, V.; PIZZILLO, M.; CLAPS, S.; MORAND-FEHR, P.; RUBINO, R. Grazing behaviour and diet selection of goats on native pasture in Southern Italy. **Small Ruminant Research**, v. 11, p. 305-322, 1993.

FERLAY, A., C.; AGABRIEL, C.; SIBRA, C.; JOURNAL, B.; MARTIN, Y. CHILLIARD. Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. **Dairy Science and Technology**, v. 88, p. 193-215, 2008.

FERLAY, A.; MARTIN, B.; PRADEL, P.; COULON, J. B.; CHILLIARD, Y. Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in Tarentaise and Montbeliarde cow breeds. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 4026-4041, 2006.

FERREIRA, L. M. R.; TROVÃO, D. M. B. M.; FREIRE, Á. M.; SOUZA, B. C.; CARVALHO, E. C. D.; OLIVEIRA, P. T. B. Análise fitossociológica comparativa de duas áreas serranas de caatinga no cariri paraibano. **Anais... VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu-MG, 2007.

FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 322-329, 2009.

GALINA, M. A.; OSNAYA, F.; CUCHILLO, H. M.; HAENLEIN, G. F. W. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 264-272, 2007.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma da caatinga In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA-UFPE; Brasília, DF: 2004. p. 47-90.

GOETSCH, A. L.; ZENG, S. S.; GIPSON, T. A. Factors that affecting goat milk production and quality. **Small Ruminant Research**, v. 101, p. 55-63, 2011.

HILARIO, M. C.; PUGA, C. D.; OCAÑA, A. N.; ROMO, F. PÉREZ-GIL. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. **Journal of Dairy Research**, v. 77, p. 20-26, 2010.

HILLBRICK, G.; AUGUSTIN, M. A. Milk fat characteristics and functionality: opportunities for improvement. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, p.45-51, 2002.

HURTAUD, C.; PEYRAUD, J. L.; MICHEL, G.; BERTHELOT, D.; DELABY, L. Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavor of two Protected Designation of Origin of French cheeses. **Animal**, v. 3, p. 1327-1338, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_perfil.shtm>. Acesso em: 09 fev. 2017.

JELÈN, H. H.; MAJCHER, M.; DZIADAS, M. Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 738, p. 13-26, 2012.

KALAC, P. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. **Food Chemistry**, v. 125, p. 307-317, 2011.

KARATAPANIS, A. E.; BADEKA, A. V.; RIGANAKOS, K. A.; SAVVAIDIS, I. N.; KONTOMINAS, M. G. Changes in flavour volatiles of whole pasteurized milk as affected by packaging material and storage time. **International Dairy Journal**, v. 16, p. 750-761, 2006.

KURKA, V.; RANKIN, S. The effect of feedstuff on milk flavor. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 01-03, 2006.

LEE, J. H.; DIONO, R.; KIM, G. Y.; MIN, D. Optimization of solid phase microextraction analysis for the headspace volatile compounds of Parmesan cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 1136-1140, 2003.

LIU, T.; YANG, T. Optimization of Solid-Phase Microextraction Analysis for Studying Change of Headspace Flavor Compounds of Banana during Ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 653-657, 2002.

LONGO, M. A.; SANROMÁN, M. A. Production of Food Aroma Compounds, **Food Technology Biotechnology**, v. 44, p. 335-353, 2006.

LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P.; MONTEIRO, J. M.; ALMEIDA, C. F. C. B. R.; FLORENTINO, A. T. N.; FERRAZ, J. S. F. Useful Plants of the Semi-Arid Northeastern Region of Brazil: A Look at their Conservation and Sustainable Use. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 125, p. 281-290, 2007.

MARTIN, B.; VERDIER-METZ, I.; BUCHIN, S.; HURTAUD, C.; COULON, J. B. How does the nature of forages and pastures diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? **Animal Science**, v. 81, p. 205-212, 2005.

McSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. **International Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2/3, 2004.

McSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening. A review. **Lait**, v. 80, p. 293-324, 2000.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.

MILOSAVLJEVIC, N.; BLAGOJEVIC, P. D.; SAVIC, D. S.; RADULOVIC, N. S. Application of HS-SPME-GC-MS- derived variables for monitoring ripening-induced changes in cheese volatile compounds. **Dairy Science and Technology**, v. 92, p. 321-333, 2012.

MITELUȚ, A.; CULEȚU, A.; POPA, M.; NICULIȚĂ, P. Study on optimization of solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry analysis for the volatile fraction of pastures. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 16, p. 113-118, 2011.

MORAND-FEHR, P.; FEDELE, V.; DECANDIA, M.; FRILEUX, Y. LE. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 20-34, 2007.

MOREIRA, J. N.; GUIMARÃES FILHO, C. Sistema tradicionais para a produção de caprinos e ovinos. In: **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. EMPRAPA, 2011.

MOUNCHILI, A.; WICHTEL, J. J.; BOSSET, J. O.; DOHOO, I. R.; IMHOFF, M.; ALTIERI, B.; MALLIA, S.; STRYHN, H. HS-SPME gas chromatographic characterization of volatile compounds in milk tainted with off-flavour. **International Dairy Journal**, v. 15, p. 1203-1215, 2005.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of small ruminants**. Washington, DC: National Academic, 2007, 384p.

OLIVEIRA, M. E. G.; GARCIA, E. F.; QUEIROGA, R. C. R. E.; SOUZA, E. L. Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. **Scientia Agricola**, v.69, p.370-379, 2012.

OLIVEIRA, M. M. F.; DANTAS, R. T.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; MEDEIROS, A. N. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 631-635, 2005.

PAJOR, F.; STEIBER, O.; TASI, J. Influence of extensive grazing on cheese composition, yield and fatty acids content of goats. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 18, p. 487-492, 2012.

PALMQUIST, D.; LOCK, A. L.; SHINGFIELD, K. J.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 50, p. 179-217, 2005.

PELLATI, F.; BENVENUTI, S.; YOSHIZAKI, F.; BERTELLI, D.; ROSSI, M. C. Headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry analysis of the volatile compounds of *Evodia* species fruits. **Journal of Chromatography**, v. 1087, p. 265-273, 2005.

- PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; BARBOSA, M. R. V; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente lenhoso de um remanescente de caatinga no Agreste Paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, p. 357-369, 2002.
- POVOLO, M.; CONTARINI, G.; MELE, M.; SECCHIARI, P. Study on the influence of pasture on volatile fraction of ewes' dairy products by Solid-phase Microextraction and Gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 556-569, 2007.
- PRACHE S.; CORNU A.; BERDAGUÉ, J. L.; PRIOLO, A. Traceability of grass-feeding in small ruminants meat and milk: A review. **Options Méditerranéennes**, v. 67, p. 423-428, 2005.
- QUEIROGA, R. C. R. E.; MADRUGA, M. S.; GALVÃO, M. S.; COSTA, R. G. Otimização das condições de extração de compostos voláteis em leite caprino utilizando a técnica de extração e concentração simultânea. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 64, p. 97-103, 2005.
- RAES, K.; SMET, S. D.; DEMEYER, E. D. Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 253-260, 2001.
- RIET-CORREA, B.; SIMÕES, S. V.; PEREIRA FILHO, J. M.; AZEVEDO, S. S.; MEDO, D. B.; BATISTA, J. A.; MIRANDA NETO, E. G.; RIET-CORREA, F. Sistemas produtivos de caprinocultura leiteira no semiárido paraibano: caracterização, principais limitantes e avaliação de estratégias de intervenção. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, p. 345-352, 2013.
- ROCHA, S. M. Porque se estudam os compostos voláteis dos alimentos de origem vegetal? **Química**, v. 122, p. 49-54, 2009.
- RUBINO, R.; MORAND-FEHR, P.; RINIERI, C.; PERAZA, C.; SARTI, F. M. Typical products of the small ruminant sector and the factors affecting their quality. **Small Ruminant Research**, v. 34, p. 289-302, 1999.
- SANZ SAMPELAYO, M. R.; CHILLIARD, Y.; SCHMIDELY, P. H.; BOZA, J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, p.42-63, 2007.
- SAS. **Statistical Analysis System**. Usei Guid. Cary: SAS Institute, 525, 2002.
- SAVOINI, G.; AGAZZI, A.; INVERNIZZI, G.; CATTANEO, D.; PINOTTI, L.; BALDI, A. Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition: Production and health benefits. **Small Ruminant Research**, v. 88, p. 135-144, 2010.
- SOUZA, B. B.; SILVA, E. M. N.; SILVA, G. A. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido. 2010. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/adaptabilidade/index.htm>. Acesso em: 03 fev. 2016.
- STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1993, 338 p.

TORNAMBE, G.; FERLAY, A.; FARRUGGIA, A.; CHILLIARD, Y.; LOISEAU, P.; GAREL, J. P.; MARTIN, B. Effet de la diversité floristique des pâturages de montagne sur le profil en acides gras et les caractéristiques sensorielles des laits. **Rencontres Recherches Ruminants**, v. 14, p. 333-336, 2007.

TUNICK, H.; IANDOLA, S. K.; VAN HEKKEN, D. L. Comparison of SPME Methods for Determining Volatile Compounds in Milk, Cheese, and Whey Powder. **Foods**, v. 2, p. 534-543, 2013.

VASTA, V.; D'ALESSANDRO, A. G.; PRIOLO, A.; PETROTOS, K.; MARTEMUCCI, G. Volatile compound profile of ewe's milk and meat of their suckling lambs in relation to pasture vs. indoor feeding system. **Small Ruminant Research**, v. 105, p. 16-21, 2012.

VASTA, V.; PRIOLO, A. Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. **Meat Science**, v. 73, p. 218-228, 2006.

VIALLO, C.; MARTIN, B.; VERDIER-METZ, I.; PRADEL, P.; GAREL, G. P.; COULON, J. B.; BERDAGUÉ, J. L. Transfer of monoterpenes and sesquiterpenes from forages into milk fat. **Lait**, v. 80, p.12-16, 2000.

VILLENEUVE, M. P.; LEBEUF, Y.; GERVAIS, R.; TREMBLAY, G. F.; VUILLEMARD, J. C.; FORTIN, J.; CHOUINARD, P. Y. Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7181-7194, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Atributos sensoriais determinados pelo painel de avaliadores. Suas respectivas definições e normas definem os extremos da escala não estruturada.

Termo descritor	Definição	Referência
Aparência Lisa	Característica do produto apresentar-se liso, contínuo, sem grânulos ou olhaduras	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de ricota fresca da marca Bom Leite Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio
Cor esbranquiçada	Cor característica de queijo de cabra, tendendo ao branco	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo de coalho de leite de cabra marca Semear Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo Minas Frescal de leite de cabra artesanal
Cor creme	Cor branco-amarelada, semelhante à cor da nata do leite	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo de coalho de leite de cabra marca Semear Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo parmesão da marca Ipanema
Molhada	Liberação de líquido variando de gotículas na superfície a uma quantidade visível de líquido separado do queijo	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de ricota fresca da marca Bom Leite Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio
Aroma de Leite de cabra	Aroma característico de queijo de leite de cabra	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo de coalho de leite de cabra marca Semear Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo Minas Frescal de leite de cabra artesanal
Aroma de manteiga	Aroma característico de manteiga	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo parmesão da marca Ipanema
Aroma Herbáceo	Aroma que lembra planta cortada	Fraca: nenhum Forte: 1 folha de algaroba medindo 8 x 6 cm
Sabor		
Leite de cabra	Sensação complexa composta de sensações gustativas, olfativas e táteis que são percebidas durante a degustação de produtos contendo leite de cabra.	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo de coalho de leite de cabra Marca Semear Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo Minas Frescal de leite de cabra artesanal
Manteiga	Sensação complexa composta de sensações gustativas, olfativas e táteis que são percebidas durante a degustação de produtos contendo leite de vaca.	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de ricota fresca da marca Bom Leite Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio
Herbáceo	Sabor que lembra planta cortada	Fraca: nenhum Forte: uma colher de chá de folhas de manjeriço
Ácido	Sensação provocada pela degustação de ácido cítrico.	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de Queijo Minas Frescal de leite de cabra artesanal
Salgado	Gosto estimulado pela presença de cloreto de sódio	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de ricota fresca da marca Bom Leite Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo parmesão da marca Ipanema
Textura		
Maciez	Propriedade de textura que oferece pouca resistência à mastigação, variando de firme até macio	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo parmesão da marca Ipanema Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio
Homogeneidade	Propriedade relacionada à ausência de grumos percebidos ao degustar o produto.	Fraca: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de ricota fresca da marca Bom Leite Forte: 1 fatia medindo 8 x 6 cm de queijo minas frescal ultrafiltrado tradicional da marca Danubio

APÊNDICE B - Escala para determinação de atributos sensoriais determinados pelo painel de avaliadores. Suas respectivas definições e normas definem os extremos da escala não estruturada.

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra de queijo coalho. Por favor, avalie a intensidade de cada um dos atributos. Para isto, coloque um traço vertical na escala correspondente. Amostra: _____

Aparência

LISA

Fraco	Forte

**COR
ESBRANQUIÇADA**

Fraco	Forte

COR CREME

--

MOLHADO

Fraco	Forte

Aroma

LEITE DE CABRA

--

MANTEIGA

Fraco	Forte

HERBÁCEO

Fraco	Forte

Sabor

LEITE DE CABRA

Fraco	Forte

MANTEIGA

Fraco	Forte

ÁCIDO

Fraco	Forte

SALGADO

--

HERBÁCEO

Fraco	Forte

Fraco	Forte

Textura

MACIEZ

Fraco	Forte

HOMOGENEIDADE

Baixa	Alta

APÊNDICE C - Relatório Técnico Final - Doutorado Sanduiche no Exterior/SWE.

Vinculado ao projeto de colaboração internacional: Formação de recursos humanos em conservação e utilização de ovinos deslanados do Brasil” - SPARQ:60096/2010

Bolsista: Amanda Marília da Silva Sant’Ana

Processo número: 2227/14-2

Vigência: Outubro 2014 - Setembro de 2015

Instituição brasileira: Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Brasil

Instituição no Exterior: Università di Pisa - Pisa, Itália

Orientadora no Brasil: Prof^a. Dr^a. Rita de Cassia Ramos do Egypto Queiroga

Orientadora na Itália: Prof^a. Dr^a. Mina Martini

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por finalidade relatar as atividades realizadas durante a vigência do plano de estudos da doutoranda Amanda Marília da Silva Sant'Ana, intitulado **Características químicas, nutricionais, aromáticas e tecnológicas de leite e derivados de animais de interesse Zootécnico** e realizado na Università di Pisa (Pisa, Itália) mediante concessão de bolsa de doutorado sanduíche no período de outubro 2014 a setembro de 2015.

A cooperação firmada com a Universidade de Pisa/Itália contemplou a possibilidade de utilização da infraestrutura do Laboratório de qualidade do leite e produtos lácteos, do Departamento de Ciência Veterinária desta instituição, possibilitando a realização de missão de estudos junto aos projetos de pesquisa da orientadora estrangeira.

A produção de leite de diferentes espécies apresenta uma importante função no contexto do setor agropecuário mundial, pelo fato do leite ser um alimento básico à população, servindo de matéria-prima para a produção de derivados lácteos de alto valor nutritivo, tais como, queijo, manteiga, leite em pó e iogurte. Além disso, este setor desempenha um papel socioeconômico importante na cadeia de produtores de leite, podendo ser considerado uma fonte sustentável com excelente possibilidade de rentabilidade econômica e estabilidade demográfica (SANZ SAMPELAYO et al., 2007).

Assim, o objetivo da missão de estudos foi de analisar as características químicas, nutricionais, aromáticas e tecnológicas do leite e derivados de diversos animais de interesse Zootécnico, visando a aprendizagem e aperfeiçoamento de métodos de análises que sejam aplicáveis na área de leite e derivados, inclusive não desenvolvidas ainda no Brasil.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 Diferenças qualitativas nas atividades das enzimas de membrana do glóbulo de gordura dos leites de vaca e ovelha:

O objetivo do trabalho é de contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre os lipídeos do leite de vaca e de ovelha, avaliando as características morfométricas dos glóbulos de gordura (número/mL) e diâmetro), a composição de ácidos graxos da membrana e do núcleo do glóbulo, a atividade das principais enzimas da membrana e o perfil nutricional dos leites.

➤ **Análises realizadas:**

- Extração da Membrana do glóbulo de gordura dos leites (Rehinardt; Lippolis, 2006);
- Separação do núcleo (Rehinardt; Lippolis, 2006);
- Identificação da atividade das enzimas da membrana do glóbulo de gordura dos leites.
- Análise morfométrica (diâmetro e número) do glóbulo de gordura do leite (Scolozzi; Martini; Abramo, 2003) (Figura 1);
- Extração da gordura e análise de ácidos graxos do núcleo do glóbulo de gordura;
- Análise de ácidos graxos da membrana do glóbulo de gordura;
- Análise de ácidos graxos dos leites de vaca e ovelha;
- Análise de proteína, minerais, cinzas, substância seca e gordura dos leites de vaca e ovelha.

➤ **Fase de execução do Trabalho**

O trabalho está em fase de desenvolvimento, faltando apenas a análise de eletroforese das proteínas da membrana do glóbulo de gordura e a escrita do artigo. Os dados das análises realizadas anteriormente já foram tabulados para realização do processamento estatístico.

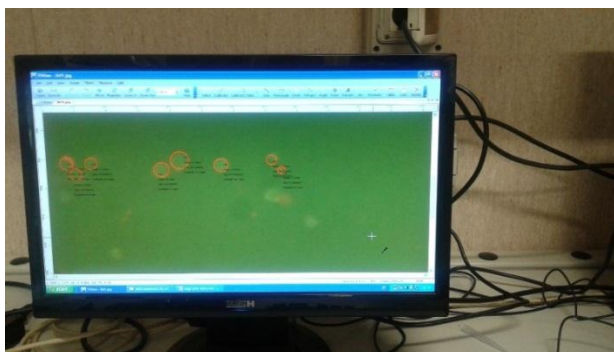


Figura 1 – Identificação dos glóbulos de gordura do leite fresco

2.2 Variação sazonal na composição básica, aromática e acídica do queijo e iogurte produzidos a partir do leite de ovelhas alimentadas a pasto

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da estação do ano sobre a composição básica, aromática e acídica do queijo e iogurte produzidos a partir do leite de ovelhas alimentadas a pasto.

➤ Análises realizadas

- Análise de Proteína, gordura, cinzas e substância seca (AOAC, 2004);
- Análise de ácidos graxos dos leites, queijos e iogurte
- Análise de minerais
- Análises de compostos voláteis (Figura 2).



Figura 2 – Análise de compostos voláteis em queijo, iogurte e plantas

2.2 A Qualidade do leite de Alpacas da Região da Toscana-Itália

O objetivo desta investigação preliminar é aumentar o conhecimento da composição do leite alpaca, a fim de compreender melhor as necessidades nutricionais das crias durante os primeiros meses de vida.

➤ Análises realizadas

- Análise de Proteína, gordura, lactose, cinzas e substância seca (AOAC, 2004);
- Análise de ácidos graxos dos leites
- Análise de minerais

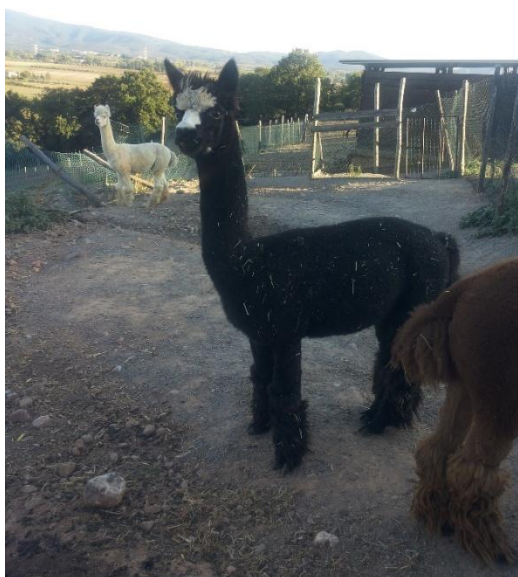


Figura 3 – alpacas da raça Huacaya criadas na região da Toscana, Itália.

➤ **Fase de execução do Trabalho**

O trabalho foi finalizado e os resultados foram aceitos para publicação no periódico Small Ruminant Research (Anexo F):

“Gross, mineral and fatty acid composition of alpaca (Vicugna pacos) milk at 30 and 60 days of lactation”.

2.4 Projeto Forcaseo

Parte 1 - Caracterização dos queijos típicos italianos elaborados com leite de búfala

O objetivo deste estudo foi caracterizar queijos típicos italianos elaborados com leite de búfala.

➤ **Análises realizadas**

- Análise de Proteína, gordura, cinzas e substância seca (AOAC, 2004);
- Análise de ácidos graxos dos queijos;
- Análise de minerais:

➤ **Fase de execução do Trabalho**

- Este trabalho está em fase de conclusão do artigo científico.

Parte 2 - Composição de ácidos graxos do glóbulo de gordura do leite bovino obtido por separação gravimétrica

O objetivo deste estudo foi determinar a composição de ácidos graxos do glóbulo de gordura do leite bovino obtido por separação gravimétrica.

Análises realizadas

- Ácidos graxos;
- Análise morfométrica (diâmetro e número) do glóbulo de gordura do leite (Scolozzi; Martini; Abramo, 2003).

➤ Fase de execução do Trabalho

O trabalho foi finalizado e os resultados foram aceitos para publicação no periódico *International Food Research Journal* (Anexo G):

“Fatty acid composition of the bovine milk fat globules obtained by gravity separation”

2.5 O leite de Asina da raça Amiatina na gestão de crianças com alergia a proteína do leite bovino: aspectos inovativos, clínicos e nutricionais

O leite materno é um alimento exclusivo ou predominantemente nos primeiros meses de vida, mas nos casos em que este não está disponível, torna-se essencial encontrar uma alternativa adequada para alimentar os recém-nascidos. O leite de vaca é amplamente utilizado como um substituto para o leite materno, no entanto de 2 a 7,5% da população infantil se manifesta com alergia a proteínas do leite de vaca. As formulações alternativas propostas pelas diretrizes internacionais (caseína ou hidrolisados de proteína de soro de leite e soja) têm baixa palatabilidade, resultando em aceitação baixa pelas crianças além de não está totalmente livre do risco de sensibilização alérgica. As únicas formulações consideradas anti-alérgicas são aqueles à base de aminoácidos, mas o seu sabor amargo desagradável muitas vezes torna completamente inútil na dieta das crianças.

A fim de evitar o desenvolvimento de doenças alérgicas e doenças crônicas resultantes da má nutrição, o principal objetivo do projeto é avaliar crianças com alergia as proteínas do leite de vaca, e utilizar o leite de asina (burra) como primeira escolha para uma fórmula alternativa, com base em considerações principalmente clínicas, mas também nutricionais e de palatabilidade.

Um estudo cuidadoso sobre a qualidade do leite de Asina Amiatina, uma raça nativa criada na Toscana-Itália, trará à luz não só a composição química, como também as características nutricionais gerais, os componentes nutracêuticos e a caracterização de proteínas, a fim de proporcionar para indivíduos com alergia ao leite de vaca um produto de qualidade e nutricionalmente adequado às suas necessidades.

Ao mesmo tempo, faltam regras de higiene para a produção e comercialização de leite de asina, sendo necessário um aprofundamento dos riscos físicos, químicos e biológicos para um produto que será para consumo humano. A realização do projeto permitirá uma melhoria do estado nutricional e de saúde das crianças com CMA, promovendo ao mesmo tempo um incentivo para a atividade econômica na área, dada a presença na região de Toscana de uma produção de leite de asina Amiatina recém-criada.

- Análises realizadas

Este projeto está sendo desenvolvido com uma equipe multidisciplinar, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos envolvidos no projeto.

Denominazione del soggetto	Intituto/Departamento	
Struttura Dipartimentale Allergologia	Dipartimento Assistenziale Integrato Pediatria Internistica-Azienda Ospedaliero Universitaria A. Meyer	Análises sensoriais Testes alérgicos/clínicos
Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana	Sezione di Firenze	Análises microbiológicas do leite.
Università di Pisa	Dipartimento di Scienze Veterinarie	Análises da composição centesimal, ácidos graxos, minerais do leite.
Complexo Regional Agrícola Florestal "Bandite di Scarlino"	Azienda regionale	Fornecer o leite necessário para realizar a pesquisa. Também fornece a estrutura e o pessoal técnico necessário para realizar a ordenha e amostragem.

No laboratório de qualidade do leite e derivados do Departamento de Ciência Veterinária, as seguintes análises foram realizadas:

- Análise de Proteína, gordura, lactose, cinzas e substância seca;

- Análise de ácidos graxos dos leites:
- Análise de minerais
- A doutoranda Amanda Sant'Ana elaborou também um Protocolo Sensorial em italiano para aplicação de testes em crianças, que foi enviado para a equipe do Hospital Meyer – Florença, Itália (APÊNDICE D).

➤ Fase de execução do Trabalho

As análises citadas acima e de responsabilidade do grupo de pesquisa do Departamento de Ciência Veterinária no qual a doutoranda Amanda Sant'Ana participou, já foram todas realizadas e os dados tabulados para análise estatística. No entanto, o projeto é bastante amplo e ainda está em fase de execução das outras análises.



Figura 4 - Animais da raça Amiatino no Complexo Regional Agrícola Florestal "Bandite di Scarlino" e o leite no laboratório para análises físico-químicas.

2.6 Outras atividades

- **Carne de Javali:** Trabalho de Conclusão de curso de uma aluna da graduação em Produção animal, do Departamento de Ciências Veterinárias. A discente colaborou nas análises da extração da gordura da carne e na metilação das amostras para análise de ácidos graxos.
- **Leite de Golfinho:** O aquário de Gênova envia amostras de leite de golfinho para análise de sua composição química e energética, com o intuito de obter conhecimentos sobre esta composição para descobrir se o leite está adequado para o consumo das

crias que nascem neste local. Além disso, realizou-se análises de substitutos do leite, fórmulas criadas pelos veterinários locais para suprir as necessidades energéticas das crias de golfinho. Realizou-se as análises de Proteína, gordura, lactose, cinzas, e substância seca (AOAC, 2004), Análise de ácidos graxos e minerais.

- **Qualidade do leite de ovelhas da raça ASSAF:** Trabalho de Conclusão de curso de um aluno da graduação em Produção animal, do Departamento de Ciências Veterinárias. A discente colaborou nas análises da extração da gordura da carne e na metilação das amostras para análise de ácidos graxos.
- **Construção do perfil sensorial completo do leite de asina:** Trabalho de Conclusão de curso de uma aluna da graduação em Segurança e Qualidade da Produção animal, da Escola de Ciência Agrária e Medicina Veterinária da Università di Bologna – Itália. A discente colaborou nas análises de Proteína, gordura, lactose, cinzas, e substância seca (AOAC, 2004), análise de ácidos graxos e minerais.
- **Soro de Ricota utilizado como meio para crescimento de algas e leveduras produtoras de carotenoides:** Este trabalho constitui-se parte da Tese de doutorado do aluno José Evangelista Santos Ribeiro, que trabalhou no Departamento de Biologia da Università di Pisa. O objetivo do projeto é a de utilizar os produtos residuais da indústria de laticínios, como um meio de crescimento para as leveduras de *Rhodotorula* e algas do gênero *Chlorella protothecoides* com a finalidade de obter moléculas bioativas, em particular o beta-caroteno e ácidos graxos bioativos. A discente colaborou na realização das análises de Proteína, gordura, lactose, cinzas, e substância seca, ácidos graxos e minerais dos soros de ricotas ovina e mista (vaca e ovelha).
- **Participação em Evento:** Participação em evento da Elsevier, intitulado: “**How to Get Published in a Top Journal**”, ministrado pela Dra. Elaine Van Ommen Kloeke, Elsevier, Agronomy & Remote Sensing.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A parceria firmada entre a Universidade Federal da Paraíba e a Università di Pisa, por meio do projeto: “*Formação de recursos humanos em conservação e utilização de ovinos deslanados do Brasil*” - SPARQ:60096/2010 permitiu a permanência da doutoranda Amanda Marília da Silva Sant’Ana por um período de um ano no Laboratório de Qualidade de leite e produtos lácteos, da Università di Pisa, Itália. Considerando os dados sobre características químicas, nutricionais, aromáticas e tecnológicas do leite de diferentes espécies, o estágio de doutorado sanduíche proporcionou a aquisição de conhecimentos relacionados à metodologias analíticas desenvolvidas neste Laboratório, possibilitando à aprendizagem e aperfeiçoamento de técnicas que podem ser utilizadas posteriormente para caracterizar os leites e derivados estudados no Brasil, especificamente nos laboratórios do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba.

A realização do estágio contribuirá para a consolidação das investigações do grupo de pesquisa que desenvolvem estudos relacionados à área da Ciência e Tecnologia de leite e derivados lácteos, bem como aumentou a possibilidade de formação de parcerias entre os professores e as Universidades. As informações originadas apresentam possibilidade de publicação de artigos científicos em periódicos de impacto (Qualis A1-B1), na área de ciência e tecnologia de alimentos.

APÊNDICE D – Elaboração de Protocolo de Análise sensorial para crianças (Ilustração parcial).

UNIVERSITÀ DI PISA
Dipartimento di Scienze Veterinarie
Dottorato di Ricerca

Protocollo di analisi sensoriale
(Latte d'asini per i bambini)

Dottorato: AMANDA SANT'ANA

Pisa, Italia
2015

1. ANALISI SENSORIALE

L'analisi sensoriale è una disciplina che ha un ruolo scientifico sempre più importante, mirando a comprendere quella risposta ai prodotti che viene data dalla percezione tramite i sensi della vista, dall'olfatto, dal tatto, dal gusto e dall'udito (Oliva, 1993).

Il settore per gli alimenti per bambini è la cucina creativa, e i bambini hanno una crescente influenza sulle decisioni di acquisto alimentari (Della-O'Connell, 1999). Questo ha portato alcuni di bambini in programmi di sviluppo di prodotti da parte dei produttori di cibo, per lo sviluppo dei nuovi prodotti mirati per adulti e bambini in molte categorie di prodotti alimentari, e si richiede per ciò che è possibile, una valutazione per i bambini la stessa valutazione verso cibi pronti e richiesti per la nutrizione responsabile (Hart, 1998).

L'industria alimentare utilizza test sensoriali con i bambini al fine di comprendere meglio i gusti e le preferenze del pubblico, del momento che la preferenza alimentare di bambini è molto più variabile (Popper-Krell, 2005). Test sensoriali che coinvolgono i bambini dovrebbero essere adeguati, dal momento che il linguaggio e le capacità motorie variano in modo significativo con l'età (Popper-Krell, 2007). I gruppi di bambini rappresentano una sfida per i ricercatori sensoriali e dai consumatori a causa della loro incapacità di comunicare verbalmente. La misura in cui i bambini possono dare parafasiche rating rimane di variabili alimentari complessive, a quindi fornire dati descrittivi sui gusti dei bambini, anche se sono disponibili per la letteratura e la loro parte inaccessibili (Della-O'Connell, 2001). Metodi sensoriali per i bambini, generalmente limitati a prova affettiva, come la misura della preferenza e dell'accettabilità.

eseguire i test affettivi dovrebbe essere condotto almeno di 100 consumatori. Ottenere un grande numero di giudizi è importante al fine di minimizzare la variabilità intrinseca nella percezione della qualità di un prodotto condizionato da fattori cognitivi legati all'esperienza personale e da fattori fisiologici e culturali.

1.1.1 Test di accettabilità

Nel test di accettabilità il consumatore dà un punteggio al gradimento percepito mediante l'impiego di una scala valutando un singolo prodotto senza effettuare alcun confronto diretto con altri prodotti omologhi. Questo test è il test dell'accettazione che la preferenza del consumatore viene in un certo modo e che può essere valutata attraverso risposte di gradimento in riferimento a definite categorie. È adatta per studi sul consumatore perché estremamente semplice e facile da utilizzare.

I campioni sono presentati una alla volta a ciascun consumatore, giungendo chiedendo di esprimere il loro giudizio alimentare sulla scala che può avere un orientamento verticale od orizzontale. La scala utilizza a 9 punti la scala di gradimento di essere costruita su intervalli costanti consentendo di attribuire ad ogni categoria un punteggio (da "estremamente sgradevole" a 9 = "estremamente gradevole") e di impiegare metodi parametrici nell'analisi statistica dei risultati. Però, per bambini può utilizzare scale di 7 o 5 punti.

Krell (1995) ha introdotto una scala verticale per testare i bambini, chiamata Scala di Krell (PK-7) o PK-5, e dopo buona esperienza con la scala è stata adottata il 7 punti tradizionale scala ascendente, tranne che la ancora vertici legati alle dimensioni sono più adatti ai bambini - invece di essere tenuti come "meno sgradevole" e "non piace sgradevolmente", per esempio, che impiega il termine "super buono" e "super cattivo".

Traditional food scale	PKR scale	Face scale
Like extremely	Super good	
Like very much	Really good	
Like moderately	Good	
Like slightly	Just a little good	
Neither like nor dislike	Neither good or dislike	
Dislike slightly	Just a little bad	
Dislike moderately	Bad	
Dislike very much	Really bad	
Dislike extremely	Super bad	

Figura 1. Scala PAK
Fonte: Krell (1995)

1.1.2 Test di preferenza

Nel test di preferenza i consumatori effettuano una scelta tra due o più prodotti posti a confronto diretto. I metodi utilizzati per misurare direttamente la preferenza, semplicemente relativi a definizioni da usare, sono: Metodo di preferenza per confronto a coppie e Metodo di preferenza per ordinamento.

Metodo di preferenza per confronto a coppie. Il metodo di preferenza per confronto a coppie (DSC 300-345) consiste di solito in una preferenza sensoriale su due prodotti posti a confronto diretto. Questo test permette di valutare la preferenza di un prodotto direttamente con un altro che può essere, ad esempio, un prototipo e il brand sul mercato. Può essere considerato il primo metodo sviluppato per la misura della preferenza. A ciascun soggetto viene presentato una coppia di campioni, diversamente codificati, chiedendo di indicare, nella "decisione" se uno in grado, il campione maggiormente preferito.

I due campioni da confrontare, A e B, devono essere distribuiti in modo tale che le possibili combinazioni, AB e BA, vengano bilanciate e randomizzate su gli assaggiatori. Si tratta di un test statistico bilanciato errore non si può prevedere a priori una risposta definitiva. Per l'elaborazione dei risultati si calcola il numero di consumatori che hanno fornito la stessa risposta e si confronta con il valore teorico

rispetto in una tabella statistica, in quest'ultima a seconda del livello di significatività scelto e del numero di soggetti e del numero dei giudizi (numero di soggetti per il numero di repliche) viene indicato il numero minimo richiesto per stabilire una preferenza statisticamente significativa tra i due prodotti.

Metodi di preferenza per confronto a coppie

Metodo di preferenza per ordinamento. Il metodo di preferenza per ordinamento (DSC 357) consiste di classificare una serie di campioni in funzione della preferenza del consumatore. Il test viene eseguito presentando a ciascun soggetto più campioni, diversamente codificati e opportunamente randomizzati i bilanciati all'interno dei panel, chiedendo di ordinarli sulla base dell'intensità percorsa o decisa dalla propria preferenza.

L'elaborazione dei dati si effettua con il test di Friedman. Quindi si calcola il valore T, la funzione del numero di vittorie, tenendo conto dei campioni e della somma delle posizioni assegnate da tutti i valutatori per ogni campione (somma dei ranghi) e si confronta con il valore critico T tabulato in corrispondenza dei gradi di libertà e del livello di significatività scelto. Se T risulta maggiore di T_{crit} si può affermare che esiste una differenza significativa nella classificazione di preferenza dei campioni.

2. SUGGERIMENTO DI PROTOCOLLO

La letteratura è solo per vedere l'accettazione di latte d'asino rispetto ad altri tipi di latte che sono consumati dai bambini allargati, il suggerimento di lavoro è di fare un test di accettazione della preferenza.

4) Testare ad un campione unico sulla presentazione di ricerca per il rilascio del documento di autorizzazione.

Esiste Protocollo per la sperimentazione su soggetti umani. Test sensoriali con i bambini richiede l'approvazione da comitati appropriati che sorvegliano l'uso di soggetti umani nella ricerca (Quinlan, 2001).

5) Effettuare analisi microbiologica sul latte.

Per garantire la sicurezza dei bambini consumatori.

6) Testare il modello di consumo per i genitori di autorizzare la partecipazione dei bambini al consumo.

Perché i soggetti sono minori, il consumo dei genitori è richiesto a bambini (chi può scrivere) firmare un modello di consenso, mentre il loro genitore o nonna firma un modello di consenso che la genere include una descrizione dello studio, una dichiarazione del suo scopo, la procedura coinvolta, alternative alla partecipazione, i rischi, i benefici, garanzia di riservatezza, costi e compensazione, diritto di rifiutare o ritirare, la divulgazione dell'investigazione personale e informazioni finanziarie (se queste valgono la firma di entrambi la parte). Il genitore o il tutore viene poi dato una copia del modello firmato e il disegno di legge di un soggetto specificamente di diritto (Quinlan, 2001).

4) Monitorare salute e benessere.

È meglio avere almeno un'indagine per condurre colloqui individuali con ogni bambino, ma se ciò non è possibile, una grande scala che consente di avere coppie bambini-quasi-sperimentatore di lavorare contemporaneamente funzionano. Decorazioni colorate, che fungono da distrattori, dovrebbero essere ridotti al minimo nella sala di test, e dovrebbero essere lasciati da una di altre. Inoltre, del giudizio o il disagio dovrebbero essere ridotti al minimo durante i test, idealmente facendosi aspettare in un'altra stanza (Quinlan, 2001).

Figura 2. Bambini di 3-7 e 8-10 anni sono stati testati utilizzando asino-asino-marmitta.

Fonte: Krell (1995).

4) Le decisioni

Preparare un questionario di reclutamento (chiamare il nome, l'età, se piace il latte, con cui frequentano consumare latte e quale tipo di latte preferiscono consumare e accettano).

Definire quale i bambini partecipano. Bambini allergici e bambini normali (o tutti due gruppi)?

5) La scala sensoriale

Chiedi 12 ad di ogni campione sono offerti a suggerimento bambino in un fascicolo impaginato di 12ad, ordinato con numeri casuali di 1-12.

« Questo tempo dovrebbe intercettare fra la somministrazione e la richiesta di risposta, latte per latte? »

La risposta può essere immediata, nei primi minuti. Tuttavia è importante che il degustatore può gustare il latte con la frequenza necessaria per dare una risposta. L'amministrazione del campione successivo può essere dopo il degustatore prendere un po' d'acqua (o anche un pezzo di cookie).

« Quale sarebbe il momento del giorno più indicato? »

Non c'è un momento del giorno specifico o più indicato, ma il degustatore non può essere fame o molto soddisfatto.

« È possibile andare a somministrare i test latte una dopo l'altro? »

Previdibilmente nel latte stesso giorno può essere molti campioni per i bambini. E meglio tra un giorno e tre dell'altro.

« Se sì, in che ordine somministrare? Qualche sia la situazione anche 21 e 20? »

Il latte deve essere somministrato in modo casuale ad bilanciare. (PUTCOBSKY, 2007; MATHIA, 2010).

« Con cosa far neutralizzare? Qualche vale anche per i panelisti? »

Tra un campione e l'altro deve essere offerto l'acqua per neutralizzare il sapore. Solitamente utilizza anche un croccante, ma deve essere controllato e non per piacere il degustatore. (Astrucina) – dipende dalla quantità di campione. Se campione in un giorno è meglio non dare cookie perché i bambini può essere soddisfatti).

6) La scala per bambini

1) Analisi ascendente (accettabilità). La scala PAK può essere utilizzata, però è meglio utilizzare scale di 7 punti o di 5 punti, eliminando uno o due categorie buone e una o due categorie cattive di ogni scala. Alcuni esempi di scale di 7 punti e di 5 punti.

ANEXOS

ANEXO A - Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA - CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**PROJETO DE PESQUISA**

Título: Impacto do sistema de alimentação sobre a qualidade do leite e do queijo de bovinos e caprinos no Semiárido

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 02228812.7.0000.5188

Pesquisador: Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga

Instituição: Universidade Federal da Paraíba

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 111.517

Data da Relatoria: 25/09/2012

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa tem por objetivo avaliar o impacto do sistema de alimentação sobre a produção e a qualidade do leite e de queijos de caprinos e bovinos no Semiárido brasileiro, visando o aumento da produção e agregação de valor, para que contribuam na sustentabilidade da agricultura familiar da região. Serão analisados produtos lácteos, os quais serão submetidos a testes sensoriais. Os procedimentos realizados na pesquisa serão explicados aos indivíduos (estudantes e servidores), e, em seguida, caso aceitem participar da mesma, assinarão o termo de consentimento livre e esclarecido. As análises sensoriais serão realizadas no Laboratório de Técnica Dietética DN/CCS/UFPB e para a realização das mesmas serão aplicados Testes de Aceitação (100 provadores) e de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (12 provadores) de acordo com metodologia descrita por Faria & Yotsuyanagi (2002). Para participação do painel sensorial serão recrutados voluntários entre estudantes, funcionários e professores da UFPB. Os dados obtidos serão tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA). As diferenças entre os grupos estudados serão analisados utilizando o teste de média Tukey para comparação de médias ao nível de 5% de significância. Com relação à análise sensorial, os dados serão tabulados em gráfico de planilha eletrônica EXCEL, sendo os valores médios de cada atributo sensorial comparado através de teste de Friedman. Para a comparação entre os tratamentos será realizada a análise de variância (ANOVA) dos provadores e comparação ao teste de Tukey com nível de 5 % de significância.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar o impacto do sistema de alimentação sobre a produção e a qualidade do leite e de queijos de caprinos e bovinos no Semiárido brasileiro, visando o aumento da produção e agregação de valor, para que contribuam na sustentabilidade da agricultura familiar da região.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos previsíveis, e o pesquisador relata que os benefícios gerados com a pesquisa são para a área de conhecimento, mas não ao participante diretamente. Também poderar contribuir para a expansão da agroindústria especializada de derivados de leite caprino e bovino, pela valorização da caprinocultura e bovinocultura leiteira brasileira e contribuição para o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante na sua área do conhecimento e atende a todas as considerações éticas da resolução 196/96.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br; elianemduarte@hotmail.com

ANEXO A – Continuação Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA - CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos de apresentação obrigatória foram apresentados.
Todas as recomendações solicitadas no parecer da versão 01 foram acatadas pelo pesquisador e realizadas.

Recomendações:

Como todas as recomendações solicitadas no parecer da versão 02 foram acatadas pelo pesquisador, não temos mais recomendações a fazer.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Conforme acima relatado, salvo melhor juízo, somos de parecer que este Projeto deve ser considerado APROVADO.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

JOAO PESSOA, 01 de Outubro de 2012

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador)

ANEXO B - Questionário de identificação dos provadores.**QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO**

Nome: _____ DATA ____/____/____

Idade _____ Atividade _____

Endereço: _____

Telefone p/ contato: _____

1. O que você entende por “análise sensorial”?

2. Qual dia da semana e o turno de sua disponibilidade para participar das sessões sensoriais?

_____3. Você tem algum tipo de problema (alergia, desconforto, não gosta, etc) com alguns alimentos?
Especifique quais._____

4. Quais os seus alimentos preferidos? _____

5. Você está fazendo alguma dieta especial? _____ Qual? _____

6. Indique marcando com um X se tem os seguintes problemas de saúde:

() Prótese dentária () Problemas de percepção de cor (daltonismo, ...) () Diabetes () Colesterol
 () Hipoglicemia () Hipertensão () Frequentes estados febris () (sinusites) () Frequentes
 inflamações da cavidade bucal () Quadros asmáticos leves ou agudos () Problemas respiratórios ()
 Problemas cardíacos

7. Você está tomando algum remédio? Qual? _____

8. Fumante? em caso afirmativo indicar a quantidade. _____

9. Marque na escala abaixo sobre o seu consumo médio de leite.

- () Quase sempre (quase todo dia)
 () Muito (pelo menos 4 vezes por semana)
 () Moderado (pelo menos 2 vezes por semana)
 () Pouco (pelo menos 1 vez por semana)
 () Não consumo

10. Marque na escala abaixo sobre o seu consumo médio de queijo.

- () Quase sempre (quase todo dia)
 () Muito (pelo menos 4 vezes por semana)
 () Moderado (pelo menos 2 vezes por semana)
 () Pouco (pelo menos 1 vez por semana)
 () Não consumo

Obrigada!

ANEXO C - Teste com escala hedônica não estruturada.

Nome: _____ Data: _____

Assinale na escala, com um traço, a proporção da área hachureada nas figuras abaixo. Procure trabalhar mais com toda a sua sensibilidade e acuidade visual do que com o raciocínio puro. As três primeiras figuras são exemplos.

	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total
	nenhuma _____ total

ANEXO D - Teste *Threshold* de Reconhecimento.

Nome _____ Data _____

Teste de reconhecimento de odores

Os frascos contêm substâncias odoríferas que se encontram normalmente em casa ou no local de trabalho. Aproxime o frasco de seu nariz, cheire três vezes brevemente e tente identificar o odor. Se não recordar o nome exato da substância, tente relacioná-la com alguma coisa com a qual você associe esse odor.

Referência	Definição do odor

TESTE DE SENSIBILIDADE AOS 5 GOSTOS BÁSICOS (doce, salgado, amargo, ácido e umami)

Nome: _____ Data ____/____/____

Você está recebendo uma série de amostras apresentando os sabores básicos: doce, salgado, amargo e ácido. Deguste cuidadosamente cada uma delas e coloque um “X” na coluna apropriada, de acordo com o sabor reconhecido

Código da Amostra	Sabor não identificado	Ácido	Amargo	Salgado	Doce	Umami

Comentários: _____

ANEXO E - Teste Triangular.TESTE TRIANGULAR

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo três amostras para análise. Duas das amostras são iguais e uma diferente. Assinale qual é a amostra diferente.

Amostra	Assinale a amostra diferente
---------	------------------------------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

Muito obrigada!

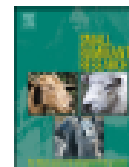
ANEXO F – Participação em artigo científico no periódico Small Ruminant Research.

Small Ruminant Research 132 (2015) 50–54



Contents lists available at ScienceDirect

Small Ruminant Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/smallrumresGross, mineral and fatty acid composition of alpaca (*Vicugna pacos*) milk at 30 and 60 days of lactationMina Martini^{a,b,*}, Iolanda Altomonte^c, Amanda Marilia da Silva Sant'ana^d,
Giada Del Plavignano^e, Federica Salari^c^a Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Viale delle Piagge, 2, Pisa 56124, Italy^b Interdepartmental Research Center "Nutraceuticals and Food for Health", via del Borghetto, 80, Pisa 56124, Italy^c Interdepartmental Center of Agro-Environmental Research "Euteco Avanti" University of Pisa, via Vecchia di Marina, 6, S. Piero a Grado, Pisa 56122, Italy^d Department of Food Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB 58051-900, Brazil^e Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Viale delle Piagge, 2, Pisa 56124, Italy

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 June 2015

Received in revised form

30 September 2015

Accepted 1 October 2015

Keywords:

Alpaca

Crias

Milk quality

Milk feeding

Fatty acids

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the composition of alpaca milk in order to improve knowledge of the nutritional needs of crias during their first months of life. Analyses of alpaca milk were performed in terms of chemical, mineral composition and fatty acid profile during the first two months of lactation. Percentages of fat, protein, casein and ash did not change in the first two months of lactation. Alpaca milk showed a similar protein content to sheep and camelid milk such as llama (*Lama glama*), lower casein content compared to ruminants, and similar fat percentages to cow and goat milk. The Ca and P content was similar to cow milk. Concerning the fatty acid profile, alpaca milk had higher conjugated linoleic acid (C18:2 cis 9, trans 11) and unsaturated fatty acid contents than ruminant milk, and a low percentage of fatty acids with chains <C14: 0. In fact, during the first months of life, alpaca offspring may not sufficiently exploit these fatty acids. Ruminant milk cannot be considered as an ideal surrogate for the nutritional needs of crias.

© 2015 Published by Elsevier B.V.

1. Introduction

Alpacas (*Vicugna pacos*) are camelids originating from the highlands of Peru, Chile and Bolivia, which are over 3800 meters above sea level (Parraguez et al., 2003).

South American camelids are classified in the order Artiodactyla, suborder Tylopoda, and family Camelidae, but are subdivided into Lamini and Camelini at the tribe level. Two New World genera, *Lama* and *Vicugna*, and one Old World genus, *Camelus*, are recognized. They are considered as 'pseudoruminants' since they have a stomach with three compartments rather than four, with similar functional properties to ruminant stomachs (Wheeler, 2012).

The alpaca is the smallest of the South American camelids: llama (*Lama glama*), guanaco (*Lama guanicoe*) and vicuña (*Vicugna vicugna*). While llamas are mainly used as pack animals in the areas of origin, and guanaco and vicuña live mainly in the wild (Pollard

and Pollard, 2008), alpacas continuously attract business interest in farmers, including those far from their country of origin.

In fact, since the 1980s, alpacas have been exported from South America to other continents including Europe where they are reared primarily for their wool. These animals seem to adapt well to different environments (McGregor, 2002).

Research on alpaca has focused principally on the study of the wool and meat, and to date information on milk production and composition is scarce and partial. In fact, unlike other pseudoruminants such as camels, historically they have not been bred for dairy purposes (Medhammar et al., 2011).

Alpaca milk is used almost exclusively for feeding their offspring (crias). Crias double their weight in the first 60 days of life, when they are largely dependent on dam's milk to meet their nutritional needs (Chad et al., 2014). The milk is fundamental to satisfy the nutritional needs of crias during their first months of life, since feeding is one of the most important factors in production systems and is necessary for expressing the animal's production potential. Currently, there is a shortage of data on the amount of nutrients needed for optimal weight gain in alpacas. Although recommendations for energy requirements in llama have been published (National

* Corresponding author at: Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Viale delle Piagge, 2, Pisa 56124, Italy.

E-mail address: mina.martini@unipi.it (M. Martini).

ANEXO G – Aceite de artigo científico no periódico International Food Research Journal.**International Food Research Journal**

(ISSN 22317546)

Tel: 603-89468419 // Fax: 603-89423552

Email: ifrj@upm.edu.my

Website: <http://www.ifrj.upm.edu.my>

UPM/FSTM/A/SR/15/540

18th March 2016

Dear Martini,

MANUSCRIPT IFRJ-2015-540

Your Manuscript entitled "Fatty acid composition of the bovine milk fat globules obtained by gravity separation" by Martini, M., Altomonte, I., Sant'Ana Da Silva, A. M. and Salari, F. has been accepted for publication in the International Food Research Journal. We thank you for your contribution to the International Food Research Journal and encourage you to submit other articles to the Journal.

Please fill and sign the attached forms and return to me to enable us to process your manuscript for publication.

Thank you.

Yours sincerely,

Professor Dr. Son Radu
Editor, International Food Research Journal

ANEXO H – Parecer da orientadora no exterior.

**Dipartimento di
Scienze Veterinarie
Università di Pisa**



Direttore Prof.ssa Daniela Gianfaldoni
direttore@vet.unipi.it

Sede amministrativa
Viale delle Piagge 2
56124 Pisa
Tel. +39 0502216725

Sede Distaccata
Via Livornese
S. Piero a Grado
Tel. 050 2210100

Para: Amanda Olímpio de Menezes
Coordenadora Geral de Programas
SBN, Setor Bancário Norte, Quadra 2, Bloco L, Lote 06
CAPES – MEC
70.040-020 – Brasília – DF

14 Ottobre 2015

Parere su Amanda Marília da Silva Sant'Ana

La dottoressa Amanda Marília da Silva Sant'Ana è stata integrata nel Laboratorio Chimico-Bromatologico degli Alimenti, Qualità del Latte e Derivati - Dipartimento di Scienze Veterinarie dell'Università di Pisa come studente di dottorato Sandwich nel periodo ottobre 2014 - settembre 2015. Lo scopo del periodo di dottorato effettuato in Italia è stato quello di acquisire conoscenze sulle metodologie di ricerca utilizzate dal personale del laboratorio partecipando effettivamente a tutte le attività. Il lavoro svolto dalla dottoressa è stato inerente al tema: "Caratteristiche chimiche, nutrizionali, aromatiche e tecnologiche del latte e dei prodotti lattiero-caseari derivati da animali di interesse zootecnico", ed ha permesso l'approfondimento delle conoscenze di queste caratteristiche in diversi tipi di latte e latticini, alcuni finalizzati al consumo umano (latte di vacca, pecora, bufala, asina) ed altri solo al consumo animale (latte di alpaca e delfino). Inoltre, la dottoressa ha partecipato ad uno studio relativo alla carne di cinghiale.

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le attività svolte dalla dott.ssa Amanda Marília da Silva Sant'Ana nel corso del periodo di studio:

- Valutazione delle differenze tra l'attività degli enzimi provenienti da membrane del globulo di grasso del latte ovino e vaccino: Estrazione della membrana dei globuli di grasso del latte, separazione del core dei globuli, identificazione degli enzimi di membrana, analisi morfometrica (diametro e numero) dei globuli di grasso del latte, estrazione e analisi del profilo acidico del core e della membrana dei globuli di grasso, analisi del contenuto di proteine, minerali, ceneri, sostanza secca e grasso del latte. Tutte le analisi sono state effettuate sia

sul latte ovino che bovino. In lavoro è stato svolto in collaborazione con il laboratorio di biochimica (Dipartimento di Biologia dell'Università di Pisa).

- Qualità del latte di Alpaca: Analisi della composizione chimica (proteine, minerali, ceneri, sostanza secca e grasso) e del profilo acidico del latte di alpaca.
- Variazione stagionale nella composizione chimica, acidica e aromatica dello yogurt e del formaggio prodotto con latte di pecore alimentate al pascolo: La dott.ssa ha eseguito l'analisi e l'identificazione dei composti volatili di latte e yogurt presso il laboratorio di Scienze Zootecniche del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa. Sempre sugli stessi campioni ha inoltre effettuato l'analisi fisico-chimica e del profilo acidico.
- Il latte d'asina della razza Amiata nella gestione dei bambini con allergia alle proteine del latte vaccino: aspetti innovativi, clinici e nutrizionali: Analisi della composizione chimica (proteine, sali minerali, ceneri, sostanza secca, grasso, lattosio) e del profilo acidico. Sviluppo di un protocollo per l'analisi sensoriale del latte con i bambini.
- Valorizzazione del latte di bufala e del latte vaccino della Maremma Toscana: Analisi chimiche e del profilo acidico del latte vaccino e bufalino e dei formaggi di Bufala. Collaborazione alla stesura della pubblicazione scientifica.
- Utilizzo della scotta come mezzo di crescita per alghe e lieviti per la produzione di carotenoidi: Analisi della composizione chimica (proteine, sali minerali, ceneri, sostanza secca, lattosio, acidità e grasso) e del profilo acidico della scotta derivata dalla caseificazione del latte ovino e misto (ovino-bovino)
- Carne di cinghiale: Analisi del profilo acidico della carne.
- Qualità del latte di delfino: Analisi della composizione chimica (proteine, minerali, ceneri, sostanza secca, lattosio, acidità e grasso).

In laboratorio, la studentessa Amanda Sant'Ana ha potuto contare sull'esperienza del gruppo di ricerca nella valutazione dei diversi tipi di latte e di latticini, nonché apprendere nuove tecniche e metodologie, quali l'analisi morfometrica dei globuli di grasso del latte che non viene eseguita nel laboratorio dell'Università Federale di Paraíba, dove la dott.ssa Amanda Sant'Ana svolge la sua ricerca. La Dott.ssa ha avuto l'opportunità collaborare con altri dipartimenti (Biologia e Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali) che ne hanno favorito la crescita professionale e l'esperienza accademica. Il soggiorno di un anno ha sicuramente apportato benefici alla dott.ssa Amanda Sant'Ana e potrà portare benefici anche al corso di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari dell'Università Federale di Paraíba in Brasile a seguito delle nuove conoscenze e delle nuove metodologie che permetteranno la promozione dello sviluppo scientifico e la preparazione di pubblicazioni su riviste internazionali. Si noti che la maggior parte dei progetti sono ancora in corso e pertanto i contatti tra la dott.ssa Amanda Sant'Ana ed il gruppo di ricerca italiano proseguiranno fino al completamento dei lavori. Attualmente un articolo scientifico dal titolo "Gross, mineral and fatty acid composition of alpaca (*Vicugna pacos*) milk at 30 and 60 days of lactation" è stato accettato per la pubblicazione sulla rivista internazionale *Small Ruminant Research*

Durante il periodo di soggiorno della dott.ssa Amanda Sant'Ana, ho potuto notare che è una persona con elevate capacità relazionali, professionalità, dinamismo e grande

apertura e motivazione nella ricerca di nuove conoscenze. Come tutor di questo lavoro ho potuto comprovare la dedizione, l'impegno e i risultati positivi raggiunti dalla dott.ssa nel corso di questi mesi che gli hanno permesso di concretizzare gran parte degli obiettivi proposti fin dall'inizio.

Prof. Dr^a Mina Martini
Dipartimento di Scienze Veterinarie
Università di Pisa, Pisa, Italia

