



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**

CELENE ATAÍDE CORDEIRO RIBEIRO

**EFEITO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO SOBRE A
QUALIDADE QUÍMICA, AROMÁTICA E SENSORIAL DO LEITE DE
CABRA DO CARIRI PARAIBANO**

CAMPINA GRANDE - PB

MAIO/2020

CELENE ATAÍDE CORDEIRO RIBEIRO

**EFEITO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO SOBRE A
QUALIDADE QUÍMICA, AROMÁTICA E SENSORIAL DO LEITE DE
CABRA DO CARIRI PARAIBANO**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Doutor, na área de Desenvolvimento de Processos.

Orientador: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte.

CAMPINA GRANDE - PB

MAIO/2020

R484e

Ribeiro, Celene Ataíde Cordeiro.

Efeito do processo de pasteurização sobre a qualidade química, aromática e sensorial do leite de cabra do cariri paraibano / Celene Ataíde Cordeiro Ribeiro. – Campina Grande, 2020.

119 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti-Mata, Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte".

Referências.

1. Leite de Cabra – Pasteurização. 2. Aroma – Leite de Cabra. 3. Caprino. 4. Método Perfil Flash. 5. Matriz Láctea. 6. Leite de Cabra Pasteurizado – Tratamento Térmico. 7. Leite Caprino – Perfil de Voláteis. I. Cavalcanti-Mata, Mario Eduardo Rangel Moreira. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Título.

CDU 636.39:637.141.3(043)

CELENE ATAÍDE CORDEIRO RIBEIRO

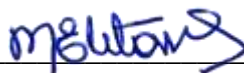
**EFEITO DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO SOBRE A
QUALIDADE QUÍMICA, AROMÁTICA E SENSORIAL DO LEITE DE
CABRA DO CARIRI PARAIBANO**

Tese aprovada em: 29 de maio de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata – CCT/UFMG
Orientador/Coordenador da Banca Examinadora



Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte
Co-orientadora - CCT/UFMG



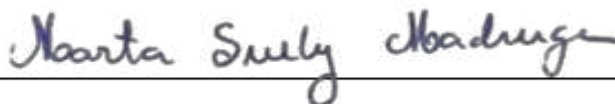
Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha
Examinadora Interna - CCT/UFMG



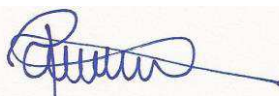
Prof. Dr. Gilmar Trindade de Araújo
Examinador Interno - CCT/UFMG



Profa. Dra. Severina de Sousa
Examinadora Interna - CCT/UFMG



Profa. Dra. Marta Suely Madruga
Examinadora Externa - CT/UFPA



Profa. Dra. Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga
Examinadora Externa - CT/UFPA

*Ao meu filho, **Rafael Mariano**, meu presente,
meu milagre, minha vida!*

*E à minha filha, **Rebecca Mariana** (in
memorian), meu eterno amor!*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ter permitido viver meu grande sonho neste período de doutorado: a maternidade; por me sustentar nos momentos de turbulência e me dar forças para recomeçar após a ida de Rebecca para o Céu.

Ao meu filho Rafael, por sua força de lutar pela vida e superar todos os obstáculos; pelo seu sorriso, que me ilumina e me impulsiona a prosseguir; e seu amor, que é o meu mais valioso tesouro.

Ao meu esposo Felipe, por toda paciência e auxílio indispensáveis nessa jornada, muitas vezes superando seus próprios limites para me ajudar.

Aos meus pais Alírio e Aparecida, por tão grande amor, por sempre serem meu porto seguro e por todo apoio nos momentos que mais precisei. Sem a ajuda deles não teria conseguido chegar até aqui.

À minha irmã Alidiane e meu cunhado Kleber, por acolherem minha família em sua casa na etapa final, cujo auxílio foi essencial para a conclusão desta tese.

À minha sobrinha Laryssa, minha filha de coração, por abdicar de seu tempo livre para me ajudar com Rafael. Sua assistência foi fundamental nesta etapa da minha vida.

Aos meus sobrinhos Mariana e Vinícius, por renunciarem suas brincadeiras para ficar com seu primo para que eu pudesse escrever, ajuda indescritível na fase final deste estudo.

Enfim, eterna gratidão à minha família, pela prática verdadeira e incessante de dar a vida por mim e por esta causa, por meio dos pequenos atos diários de amor.

Ao meu orientador, professor Mario Mata, por toda compreensão, incentivo e disponibilidade que sempre demonstrou.

À minha co-orientadora, prof.^a Maria Elita Duarte, por aceitar participar da elaboração deste trabalho e pelas correções efetivadas.

Às professoras Marta Suely Madruga e Rita de Cássia Queiroga, meu infindável agradecimento por todo acolhimento, disponibilidade, incentivo, correções, assistência imediata; enfim, por toda orientação prestada.

Aos professores membros da banca examinadora: Ana Paula Trindade, Gilmar Trindade e Severina de Sousa, pela disponibilidade e valiosas retificações realizadas para conclusão desta tese.

À Mércia Galvão, por toda dedicação, ensinamentos, apoio, disponibilidade, por nunca ouvir um “não” de sua parte, por sempre me dizer que tudo daria certo e pela sua amizade.

À Leila Moreira pelo auxílio indescritível na parte estatística deste trabalho, pela disponibilidade imediata em ajudar e pela amizade construída.

À minha amiga Maria José de Figueiredo, por todo amparo e estímulo para que eu pudesse reiniciar minha pesquisa após a morte da minha filha, e por toda amizade sincera durante todos esses anos.

À minha amiga de infância Lívia Coelho, pela contribuição nas correções desta tese.

A todos os amigos que fiz no LAF: Taliana, Samara, Ana Rita, Thayse, Lary, Lorena, Simone, Juliana, Mariana, Narciza, Girlene, Deyse, Viviane, John, Álida.

A todos os responsáveis e técnicos das usinas de beneficiamento de leite dos municípios visitados, pelo acolhimento e pela colaboração com esta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse sonho.

Porque para Deus nada é impossível!
(Lucas 1,37)

Ribeiro, C. A. C. Efeito do processo de pasteurização sobre a qualidade química, aromática e sensorial do leite de cabra do Cariri Paraibano (tese). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2020.

RESUMO

O leite de cabra produzido em pequena escala geralmente é submetido ao processo de pasteurização, seguido de resfriamento, com a finalidade de diminuição de sua carga microbiológica, inativação enzimática e aumento de sua vida útil, facilitando sua distribuição em programas governamentais de alimentação no Brasil. No entanto, o aquecimento da pasteurização também pode provocar mudanças nas propriedades físico-químicas e sensoriais do leite. Objetivou-se na presente pesquisa avaliar o efeito do processo de pasteurização sobre a qualidade química, aromática e sensorial do leite de cabra coletado em usinas de beneficiamento de leite localizadas no Cariri Ocidental Paraibano. Neste contexto, avaliaram-se os parâmetros físico-químicos (proteínas, cinzas, teor de água, lipídios, lactose e pH) exigidos pela legislação brasileira vigente para leite de cabra; identificou-se o perfil de ácidos graxos; e caracterizou-se o perfil sensorial e de compostos voláteis do leite de cabra *in natura* (cru) e pasteurizado. Todas as amostras de leite de cabra cru e pasteurizado apresentaram valores de cinzas e lactose abaixo do preconizado pela legislação; e uma amostra apresentou teor de proteínas abaixo do limite recomendado. Em relação ao perfil de ácidos graxos, os saturados e monoinsaturado encontrados com maior percentual foram os mesmos para o leite cru e o pasteurizado (cáprico, mirístico, palmítico, esteárico e oléico); entretanto, o ácido graxo polinsaturado diferiu, sendo que o maior valor encontrado foi do ácido linoléico no leite cru e o ácido eicosapentaenóico no leite pasteurizado. Após o processo térmico, os índices de aterogenicidade e trombogenicidade reduziram, enquanto a razão de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos aumentou, assim como o teor de ácidos graxos desejáveis. O método de Microextração em fase sólida manual se destacou em comparação aos demais métodos, no estudo preliminar. No leite de cabra cru foram extraídos 40 compostos voláteis, sendo a sua maioria terpenos (9), seguidos de compostos aromáticos (7), aldeídos (6), hidrocarbonetos (5) e ácidos carboxílicos (5). No leite de cabra pasteurizado foram identificados 153 compostos voláteis, cuja maioria foi composta por hidrocarbonetos (40), seguidos de terpenos (36), aldeídos (15), compostos aromático (12) e furanos (12). Oito compostos com aroma descrito como “doce” e cinco compostos com aroma descrito como “caramelo” foram identificados apenas no leite de cabra pasteurizado. Em relação aos atributos sensoriais obtidos pelo método de Perfil Flash, o leite de cabra cru foi mais influenciado pelo odor “curral” e pelo odor “caprino”, enquanto o leite de cabra pasteurizado foi mais influenciado pelo odor de “doce”, “cheiro de leite”, “coalhada” e “queijo fresco”. O processo térmico de pasteurização reduziu o valor de teor de água e pH, aumentando os resultados de lipídios e lactose na maioria das amostras, proporcionando uma diminuição da quantidade de ácidos graxos saturados, associado a um aumento considerável dos polinsaturados; influenciou no perfil de voláteis do leite caprino, com formação de novos compostos/classes químicas no leite pasteurizado, além de modificar o perfil sensorial do leite de cabra.

PALAVRAS-CHAVE: Aroma; Caprino; Perfil Flash; Matriz láctea; Tratamento térmico; Voláteis.

RIBEIRO, C. A. C. Effect of the pasteurization process on the chemical, aromatic and sensory quality of goat milk in Cariri Paraibano [thesis]. Campina Grande: University Federal of Campina Grande, 2020.

ABSTRACT

Goat milk produced on a small scale is generally subjected to the pasteurization process, followed by cooling, in order to decrease its microbiological load, enzymatic inactivation and increase its useful life, facilitating its distribution in government feeding programs, in Brazil. However, heating pasteurization can also cause changes in the physicochemical and sensory properties of milk. The objective of this research was to evaluate the effect of the pasteurization process on the chemical, aromatic and sensory quality of goat's milk collected in milk processing plants located in Cariri Ocidental Paraibano. In this context, the physical-chemical parameters (proteins, ash, moisture, lipids, lactose and pH) required by the current Brazilian legislation for goat's milk were evaluated; the fatty acid profile was identified; and the sensorial and volatile compounds profile of fresh (raw) and pasteurized goat milk was characterized. All samples of raw and pasteurized goat milk showed values of ash and lactose below that recommended by legislation; and one sample had protein content below the recommended limit. Regarding the fatty acid profile, the saturated and monounsaturated found with the highest percentage of area were the same for raw and pasteurized milk (capric, myristic, palmitic, stearic and oleic); however, polyunsaturated fatty acid differed, with linoleic acid found with higher values in raw milk and eicosapentaenoic acid in pasteurized milk. After the thermal process, the rates of atherogenicity and thrombogenicity decreased; while the ratio of hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids increased, as well as the desirable fatty acid content. The Microextraction method in manual solid phase stood out in comparison to the other methods, in the preliminary study. The Microextraction method in manual solid phase stood out in comparison to the other methods, in the preliminary study. Forty volatile compounds were extracted from raw goat milk, the majority of which were terpenes (9), followed by aromatic compounds (7), aldehydes (6), hydrocarbons (5) and carboxylic acids (5). In pasteurized goat milk, 153 volatile compounds were identified, most of which were composed of hydrocarbons (40), followed by terpenes (36), aldehydes (15), aromatic compounds (12) and furans (12). Eight compounds with an aroma described as "sweet" and five compounds with an aroma described as "caramel" were identified only in pasteurized goat milk. Regarding the sensory attributes obtained by the Flash Profile method, raw goat milk was more influenced by the "corral" odor and the "goat" odor, while pasteurized goat milk was more influenced by the "milk smell" odor, "curd", "fresh cheese" and "sweet". The thermal pasteurization process reduced the humidity and pH value, increasing the results of lipids and lactose in most samples; it provided a decrease in the amount of saturated fatty acids, associated with a considerable increase in polyunsaturated; influenced the volatile profile of goat milk, with the formation of new chemical compounds / classes in pasteurized milk, in addition to modifying the sensory profile of goat milk.

KEYWORDS: Aroma; Goat; Flash profile; Dairy matrix; Heat treatment; Volatile.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Esquema representativo de tanque de parede dupla.....	17
Figura 2 – Conformação de trocador de calor a placas.....	19
Figura 3 – Sistema de extração de voláteis por headspace estático.....	23
Figura 4 – Sistema de extração de voláteis por headspace dinâmico.....	24
Figura 5 – Representação do aparato de Likens-Nickerson.....	25
Figura 6 – Sistema de Microextração em Fase Sólida.....	27
Figura 7 – Representação do dispositivo de SPME.....	28
Figura 8 – Esquema de um Cromatógrafo a gás.....	30
Figura 9 – Componentes de um Espectrômetro de massas.....	33
Figura 10 – Esquema experimental.....	36
Figura 11 – Extração de voláteis de leite caprino por headspace.....	38
Figura 12 – Extração de voláteis de leite caprino por SPME-A.....	39
Figura 13 – Extração de voláteis de leite caprino por SPME-M.....	40
Figura 14 – Montagem do aparelho de Likens e Nickerson.....	40
Figura 15 – Fluxograma da aplicação do Método Perfil Flash.....	44
Figura 16 – Ficha genérica para avaliação pela técnica descritiva de Perfil Flash.....	45
Figura 17 – Número de voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado, por classe química coletados em usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano.....	63
Figura 18 – Número de voláteis por classe química do leite de cabra cru (A) e do leite de cabra pasteurizado (B) por local de coleta no Cariri ocidental paraibano	65
Figura 19 – Descrição dos atributos utilizados pelos julgadores para o leite de cabra cru e pasteurizado.....	81
Figura 20 – Variância residual entre os avaliadores.....	82
Figura 21 – Variância residual entre as amostras de leite de cabra.....	83
Figura 22 – Distribuição dos atributos do leite de cabra cru e do pasteurizado.....	84
Figura 23 – Figura biplot com as descrições de aroma do leite de cabra cru e pasteurizado.....	85

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Número de picos nos cromatogramas e de compostos identificados do leite de cabra pasteurizado extraídos por diferentes processos	46
Tabela 2 – Voláteis de leite de cabra pasteurizado, por classe química, extraídos por diferentes processos.....	47
Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos do leite de cabra cru e pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano	50
Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano.....	56
Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano.....	67

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Produção de leite de cabra.....	4
3.2 Características físico-químicas do leite de cabra	6
3.3 Aroma do leite de cabra.....	8
3.4 Qualidade sensorial do leite de cabra	11
3.4.1 Perfil Flash	13
3.5 Processo de pasteurização em lácteos	16
3.6 Análises de compostos voláteis	20
3.6.1 Isolamento dos compostos voláteis	21
3.6.1.1 <i>Headspace</i> estático – HE	22
3.6.1.2 Destilação e Extração Simultânea (<i>Simultaneous Distillation and Extraction - SDE</i>)	24
3.6.1.3 Microextração em fase sólida (<i>Solid Phase Microextraction - SPME</i>)	26
3.6.2 Separação dos compostos voláteis por cromatografia de alta resolução.....	29
3.6.3 Identificação dos compostos voláteis	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 Local de execução e coleta de amostras	35
4.2 Local das análises	35
4.3 Delineamento experimental	36
4.4 Análises físico-químicas do leite de cabra cru e pasteurizado	36
4.5 Caracterização e quantificação dos ácidos graxos do leite de cabra cru e pasteurizado	37

4.6 Padronização de metodologia para extração de compostos voláteis em leite de cabra	38
4.6.1 <i>Headspace</i> estático – HE	38
4.6.2 Microextração em fase sólida automática – SPME-A (<i>Solid Phase Microextraction Automated</i>)	39
4.6.3 Microextração em fase sólida manual – SPME-M (<i>Solid Phase Microextraction Manual</i>)	39
4.6.4 Destilação e Extração Simultânea - SDE (<i>Simultaneous Distillation and Extraction</i>)	40
4.7 Extração dos compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado	41
4.8 Identificação dos compostos voláteis do leite de cabra	41
4.8.1 <i>Headspace</i> estático – HE	41
4.8.2 Microextração em fase sólida automática – SPME-A (<i>Solid Phase Microextraction Automated</i>).	42
4.8.3 Microextração em fase sólida manual – SPME-M (<i>Solid Phase Microextraction Manual</i>)	42
4.8.4 Destilação e Extração Simultânea - SDE (<i>Simultaneous Distillation and Extraction</i>)	42
4.9 Análise sensorial	43
4.9.1 Caracterização dos julgadores e condições do teste	43
4.9.2 Protocolo do Perfil Flash	44
4.10 Análises estatísticas	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Estudo preliminar: padronização de metodologia para extração de compostos voláteis em leite de cabra	46
5.2 Qualidade físico-química de leite de cabra cru e pasteurizado	49
5.3 Perfil de ácidos graxos de leite de cabra cru e pasteurizado.	54
5.4 Perfil de voláteis de leite de cabra cru e pasteurizado	62
5.5 Qualidade sensorial de leite de cabra cru e pasteurizado	80
6. CONCLUSÕES	86
7. REFERÊNCIAS	87
APÊNDICES.....	104

1 INTRODUÇÃO

O leite caprino é o maior contribuinte da produção mundial de leite não bovino, sendo o Brasil o maior produtor da América do Sul. A Paraíba é o Estado brasileiro que mais produz leite de cabra, atingindo seu crescimento produtivo na região semiárida do Cariri, conhecida como a maior Bacia leiteira caprina do país.

O leite de cabra apresenta diversas qualidades que o classificam como um alimento de elevado valor nutricional, no entanto, este leite ainda não é bastante aceito devido à presença do aroma “caprino”, não apreciado pela maioria dos consumidores. Sabe-se que este aroma é proveniente da existência de ácidos graxos livres e, de acordo com diversos estudos, varia amplamente com base em fatores principais, tais como: diversidade genética da raça, práticas alimentares, época de obtenção do leite e estágio de lactação (COSTA et al., 2010; QUEIROGA et al., 2019).

A pasteurização é considerada um tratamento térmico relativamente suave, causando pequenas alterações nas características sensoriais e nutricionais do alimento. Este tratamento pode afetar ligeiramente a composição do leite, as características físico-químicas, o perfil nutritivo e propriedades sensoriais (ALEGBELEYE et al., 2018). Tanto a pasteurização lenta, quanto a rápida alteram de alguma forma a composição do leite, desnaturando proteínas, destruindo vitaminas e enzimas, entre outros. Entretanto, as alterações são mínimas à temperatura da pasteurização lenta, mantendo as propriedades do leite o mais próximo possível do seu estado *in natura*. Por sua vez, o calor atribuído ao leite nas pasteurizações rápidas promove insolubilização parcial dos sais de cálcio, que aumentam o tempo de coagulação, além de fundir glóbulos de gordura. Outras alterações que ocorrem na pasteurização rápida são: desnaturação parcial ou total de enzimas e vitaminas, que podem ser rompidas durante o processo de aquecimento; desnaturação parcial de proteínas do soro (10% a 20%); insolubilização de sais, entre outros efeitos. O tratamento térmico promove, também, o desenvolvimento de sabor de leite cozido, por causa da desnaturação de proteínas do soro, que formam sulfetos de hidrogênio, originados dos aminoácidos sulfurados das proteínas (TADJINE et al., 2019). Além disso, ocorre a formação de lactonas e metilcetonas a partir dos lipídeos e a parcial caramelização da lactose (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

No âmbito sensorial, os produtos a partir de leite de vaca cru em comparação com os seus homólogos de leite pasteurizado, são caracterizados por um sabor e aroma mais apreciados

pelos consumidores (MONTEL et al., 2014; TADJINE et al., 2019). Entretanto, os produtos de leite de cabra cru nem sempre conquistam a aceitação sensorial dos consumidores, devido, essencialmente, à presença de ácidos graxos de cadeia curta (MITUNIEWICZ-MALEK et al., 2019); entre eles estão o capróico, o caprílico e o cáprico, onde os ácidos graxos metilados (4-metiloctanóico e 4-etiloctanóico) são os principais responsáveis pelo sabor do leite de cabra (CLARK; GARCÍA, 2017).

Considerando as evidências científicas reportadas por pesquisas anteriores (ALEGBELEYE et al., 2018; MILANEZE et al., 2018; MITUNIEWICZ-MALEK et al., 2019; TADJINE et al., 2019), principalmente em outros países e com leite de outras espécies, sobre as alterações ocasionadas nos parâmetros sensoriais, químicos, físicos e proteolíticos do leite cru após a pasteurização, este estudo surge com a hipótese de que o processo térmico influencia o perfil físico-químico de ácidos graxos, aromático e sensorial do leite de cabra.

As informações suscitadas podem contribuir para os conhecimentos sobre a influência que a pasteurização pode ter na qualidade do leite caprino, a fim de contribuir para o planejamento de estratégias de ação e desenvolvimento mais condizentes com a região do Cariri Paraibano, uma vez que a aceitação mais ampliada deste produto está diretamente relacionada com suas características organolépticas. Estes resultados provavelmente ajudarão a planejar melhor o escoamento da produção, melhorando a geração de renda da região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do processo térmico de pasteurização sobre a qualidade físico-química, aromática e sensorial do leite de cabra do Cariri Ocidental Paraibano.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a qualidade físico-química do leite de cabra *in natura* (cru) e do leite de cabra pasteurizado;
- Caracterizar e quantificar os ácidos graxos do leite de cabra *in natura* (cru) e do pasteurizado;
- Realizar um estudo preliminar com quatro métodos de extração (*Headspace* estático; Microextração em fase sólida automática; Microextração em fase sólida manual; e Destilação e Extração Simultânea) para estabelecer a metodologia que apresente melhor capacidade de extração dos voláteis do leite de cabra;
- Extrair os compostos voláteis do leite de cabra *in natura* (cru) e do pasteurizado pelo método que apresentar os melhores resultados de extração;
- Identificar e quantificar os compostos voláteis do leite de cabra *in natura* (cru) e pasteurizado por Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massas (CG-EM);
- Caracterizar o perfil sensorial do leite de cabra *in natura* (cru) e do pasteurizado por meio da aplicação do Perfil Flash.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção de leite de cabra

Atualmente, a produção mundial de leite não bovino atinge 133 milhões de toneladas por ano, representando mais de 17% de toda a produção de leite. Desse montante, 13,5% é de produção de leite de cabra, considerado um dos principais contribuintes para a produção de leite não bovino (NUÑEZ; DE RENOBALLES, 2016; RANADHEERA et al., 2018). Os caprinos estão distribuídos por todos os continentes do planeta, no entanto, percebe-se uma maior concentração destes animais nos países em desenvolvimento, onde contribuem significativamente para a nutrição humana (GETANEH et al., 2016). De acordo com a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017), o efetivo de rebanhos caprinos no mundo atingiu 1.002.810.371 de cabeças em 2016. No Brasil, o rebanho caprino é de 9.780.533 milhões de cabeças. O Nordeste detém 92,7% do total da espécie (IBGE, 2017).

A produção mundial de leite de cabra em 2016 foi de 15.510.411 toneladas, sendo a Ásia o maior produtor mundial, com 7 milhões de toneladas por ano, enquanto o Brasil produziu 253.133 toneladas (FAO, 2017). Com esta produção de leite, o Brasil contribui com 80,47% do percentual da produção continental e com apenas 1,63% do percentual mundial (EMPRAPA, 2017). Assim, na América do Sul, o Brasil é o País que detém o maior rebanho caprino com aptidão leiteira, representando excelentes perspectivas para o crescimento de vendas internacionais.

O leite de cabra é consumido diretamente ou empregado na produção de uma variedade de produtos lácteos, um número considerável de pessoas consome leite de cabra e seus derivados em todo o mundo (GÁMBARO et al., 2017; PULINA et al., 2018). Por isso, espera-se que a produção de leite de cabra seja muito superior ao que esses relatórios oficiais indicam, uma vez que grande parte da produção e consumo doméstico não comercial é indocumentada (TURKMEN, 2017).

A consolidação da caprinocultura como atividade rentável vem aumentando em função de vários aspectos, dentre eles a não necessidade de grandes investimentos e/ou grandes áreas para seu desenvolvimento, favorecendo a geração de emprego e renda no campo, principalmente, pelo fortalecimento da agricultura familiar. Da produção de leite caprino no Brasil, 67% da produção total anual é oriunda da agricultura familiar (PÁDUA et al., 2019).

A região semiárida do Nordeste Brasileiro, devido às suas condições ambientais, concentra-se cada vez mais na atividade pecuária; a atividade de criação de cabras tornou-se uma grande oportunidade econômica, uma vez que os caprinos são anatomicamente e fisiologicamente adaptados para sobreviver e produzir sob tais condições (BOMFIM et al., 2011). Com o aumento do interesse dos criadores em todo o Brasil, essa região vislumbra grandes possibilidades para o desenvolvimento da caprinocultura leiteira, devido ao potencial da espécie caprina em aproveitar das diversidades biológicas existentes. Além disso, existe a possibilidade de se diminuir os custos de produção através de manejo intensivo com manejo de pastagens (TEIXEIRA et al., 2013).

Diante desse cenário promissor, percebe-se que 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 atrativos 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 (SANT'ANA, 2017).

O Semiárido paraibano caracteriza-se por condições ambientais de terras áridas e de baixa pluviosidade, com a pecuária baseada em animais criados em pasto nativo com suplementação (BOMFIM et al., 2011; HILARIO et al., 2010). A atividade de caprinocultura no segmento de produção de leite na Paraíba atingiu crescimento produtivo em seu cinturão (localizado em regiões semiáridas, Cariri Oriental e Cariri Ocidental), que é o resultado de um número significativo de produtores dessa atividade, envolvidos em parceria direta com a indústria de processamento de leite da mesma região (COSTA et al., 2010). Segundo dados do IBGE de 2012, a Paraíba conta com um rebanho caprino de mais de 470 mil animais, sendo a região do Cariri a que concentra a maior parte desse rebanho, com um plantel de cerca de 250 mil cabeças caprinas (IBGE, 2012).

De acordo com os dados do Censo Agro 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Paraíba é o Estado com maior produção de leite de cabra no Brasil (IBGE, 2017). De acordo com o levantamento, o Estado produziu 5,6 milhões de litros de leite caprino em 2017. Taperoá é a cidade com maior produção do país, com 543 mil litros por ano, além dela, outras oito cidades paraibanas estão entre as 27 maiores produtoras no país. A Bahia, segunda colocada no *ranking*, produziu 17% a menos que a Paraíba, com 4,6 milhões de litros (IBGE, 2017).

A maior parte desta produção tem como destino os programas governamentais de alimentação escolar e de combate à desnutrição infantil na população carente. Como resultado desta política de incentivo à caprinocultura leiteira, pode-se destacar o aumento da produção/consumo do leite de cabra, a melhoria do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o forte incentivo à agricultura familiar (HOLANDA JÚNIOR et al., 2016).

Por fim, vale salientar que a caprinocultura leiteira tem aumentado sua participação no cenário agropecuário brasileiro de forma significativa nos últimos tempos, o que leva a uma maior exigência do mercado consumidor por um produto de qualidade.

3.2 Características físico-químicas do leite de cabra

O leite de cabra tem sido tradicionalmente reconhecido como uma importante fonte para nutrição humana e é qualificado como um alimento de elevado valor nutricional, por apresentar uma composição química constituída de proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos essenciais. Trata-se também de uma excelente matéria-prima a partir da qual produtos de alto valor nutricional são feitos (YANG et al, 2015).

A composição do leite de cabra pode variar de acordo com a genética, fatores fisiológicos, ambientais e de manuseio (MAYER; FIECHTER, 2012). Existe um interesse crescente por pesquisas no leite de cabra devido às propriedades bioquímicas inerentes às espécies que contribuem para a sua qualidade nutricional (JIRILLO; MAGRONE, 2014; STRZALKOWSKA et al., 2012).

De acordo com Queiroga et al. (2019), o leite caprino apresenta qualidades nutricionais melhores para o consumo humano do que o leite de vaca, como menores níveis de lactose, maior quantidade de vitaminas e menor quantidade de lipídios. É um leite composto por diferentes nutrientes importantes para o crescimento e desenvolvimento de crianças e manutenção da saúde de adultos, além de ser considerado uma alternativa para os consumidores que são alérgicos à proteína do leite de vaca (GETANEH et al., 2016).

Segundo Carneiro et al. (2015), este leite apresenta grande importância na alimentação infantil pelas suas características de hipoalergenicidade e digestibilidade, devido aos glóbulos de gordura serem menores. De acordo com a literatura (VERRUCK et al., 2019; RANADHEERA et al., 2019), crianças que consomem leite de cabra têm um risco menor de desenvolver asma e alergias. A hipoalergenicidade do leite de cabra em comparação com o leite

bovino refere-se à ausência ou níveis baixos de α 1-caseína (α 1-cn) e β -lactoglobulina, que são os principais alérgenos presentes em leite bovino (SILVA et al., 2013).

No Brasil, o maior consumo é por crianças com alergia ao leite de vaca ou indivíduos que necessitem de leite especial. Inclusive, o uso de leite de cabra por indicação médica tem sido um dos carros chefes na promoção da caprinocultura leiteira, uma vez que o consumo de leite e produtos lácteos de cabra pode ser uma boa alternativa para pessoas que sofrem de alergia ao leite de vaca (YOUNG et al., 2012).

Além da menor proporção de proteína do tipo caseína α ₁, outro fator que resulta na maior digestibilidade do leite de cabra é que o mesmo apresenta, em relação ao leite de vaca, uma maior proporção de ácidos graxos de cadeia curta e média na sua composição lipídica (57% no leite de cabra e 50% no leite de vaca), dentre os quais: ácido butírico, caprótico, caprílico e o cáprico, este último apresentando maior diferença entre eles. Assim, possuindo grande concentração de glóbulos de gordura de menor tamanho (GETANEH et al., 2016), este leite torna-se um produto com potencial para o mercado.

O leite de cabra também possui compostos que promovem a saúde, tais como peptídeos e lipídios bioativos, como ácidos linolêicos conjugados e outros componentes bioativos, como hormônios, citocinas, oligossacarídeos, nucleotídeos e componentes secundários, que podem ter um papel importante no desenvolvimento e manutenção de processos metabólicos, imunológicos e fisiológicos (ABEIJÓN MUKDSI et al., 2013; ASSIS et al., 2016), tornando o leite de cabra um alimento com potencial efeito funcional (GETANEH et al., 2016; PARK et al., 2010).

Os alimentos funcionais são essenciais para a saúde e ajudam a reduzir o risco de desenvolver várias doenças crônicas. Esta propriedade funcional diz respeito ao papel metabólico ou fisiológico desempenhado pelo nutriente (ou não nutriente) no crescimento, desenvolvimento, maturidade e outras funções normais do organismo humano (LEHNEN et al., 2015).

A fração lipídica é um dos componentes mais importantes do leite de cabra: quanto ao seu valor, características nutricionais, físicas e sensoriais (AMIGO; FONTECHA, 2011). É composta principalmente de triacilgliceróis (aproximadamente 98% da gordura total), com pequenas quantidades de fosfolipídios, colesterol, ácidos graxos livres, mono e diacilgliceróis (TAYLOR; MACGIBBON, 2011).

O leite de cabra possui excelentes quantidades de ácidos graxos de cadeia curta e média, saturados de cadeia longa como mirístico e palmítico, monoinsaturados e polinsaturados como

o ácido linoléico e o ácido oleico. Os ácidos graxos caprótico, caprílico e cáprico representam cerca de 15 a 18% de todos os ácidos graxos presentes no leite de cabra, enquanto os mesmos ácidos graxos representam apenas 5 a 9% no leite de vaca (VERRUCK et al., 2019). As diferenças na polimerização de acetato produzido pelas bactérias do rúmen no estômago da cabra são responsáveis por esta composição particular, a qual está associada ao odor característico e sabor do leite de cabra (AMIGO; FONTECHA, 2011).

O mais novo aspecto relatado, até o momento, em relação à composição de gordura do leite de cabra diz respeito ao seu conteúdo em ácidos linoléicos conjugados (CLA), um grupo de ácidos graxos de 18 carbonos (VERRUCK et al., 2019). O CLA é considerado uma substância com propriedades funcionais e tem atraído um crescente interesse das pesquisas, devido aos seus benefícios de promoção da saúde em diversas funções biológicas. São atribuídos ao CLA efeitos benéficos na redução do peso corporal, com diminuição da gordura corpórea e manutenção/aumento da massa magra; melhora da sensibilidade à insulina; ação anticarcinogênica e ação de proteção cardiovascular (PARK et al., 2010; YANG et al., 2015).

O crescente interesse do consumidor pelo leite de cabra e seus derivados está relacionado aos benefícios nutricionais oferecidos por esses produtos (VERRUCK et al., 2019). Por essa razão, no âmbito da pesquisa, a composição do leite caprino vem sendo estudada em diversas partes do mundo com intuito de acentuar substâncias benéficas à saúde humana, assim como obter qualidade e aceitação do produto. Deste modo, o interesse na produção intensiva de leite de cabra e na conversão do leite em produtos de alto valor agregado tem crescido bastante, visando sofisticados nichos de mercado específicos de crescente demanda (FONSECA et al., 2013).

3.3 Aroma do leite de cabra

Um dos critérios mais importantes que determinam a escolha e aceitação de um produto alimentar pelos consumidores é o *flavor*, que resulta de um equilíbrio complexo entre sabor e aroma (SANT'ANA et al., 2017); no caso do leite de cabra, essas características variam amplamente por diferentes fatores (QUEIROGA et al., 2019). Apesar de todos os benefícios do leite de cabra, seu consumo e de seus derivados ainda não são universalmente aceitos.

Os compostos voláteis desempenham um papel fundamental neste contexto, uma vez que sua presença, conteúdo e composição influenciam o aroma e a qualidade dos alimentos (DELGADO et al., 2011; MILOSAVLJEVIC et al., 2012). Neste sentido, o leite de cabra difere

do leite de vaca devido ao seu sabor e aroma "caprinos", que não são muito apreciados pelos consumidores (QUEIROGA et al., 2019), o que limita as oportunidades de mercado para este tipo de leite.

O leite de cabra e seus derivados têm sabor e aroma mais fortes do que os encontrados em produtos lácteos feitos com outros tipos de leite, um efeito que pode ser explicado pela presença de uma maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta (AMIGO; FONTECHA, 2011), os quais têm muito mais baixos limiares de percepção e um impacto significativo sobre o aroma dos produtos lácteos (VAGENAS; ROUSSIS, 2012). Os principais ácidos graxos de cadeia curta encontrados no leite de cabra são o capróico, o caprílico e o cáprico, onde o ácido 4-metiloctanóico (4-Me-8: 0) e o ácido 4-etiloctanóico (4-Et-8: 0) foram considerados os maiores responsáveis pelo sabor do leite de cabra (CLARK; GARCÍA, 2017). Assim, o principal impacto em leite de cabra e seus derivados se origina a partir desses ácidos graxos livres (WATKINS et al., 2013).

Além disso, este leite também possui ácidos graxos livres de cadeia ramificada com menos de onze átomos de carbono, que adicionam o sabor característico do leite caprino (LE QUÉRÉ, 2011) e são praticamente inexistentes no leite de vaca (VERRUCK et al., 2019). Em geral, ácidos graxos de cadeia longa (>12 átomos de carbono) desempenham um menor papel no sabor, dado os seus limites relativamente elevados de percepção (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

A hidrólise lipídica libera os ácidos graxos que são responsáveis pelos sabores "caprinos" característicos desses laticínios (AMIGO; FONTECHA, 2011). A lipólise pode ocorrer quando a gordura está acessível à lipases ou esterases. A origem dessas enzimas inclui o próprio leite (lipase lipoprotéica) e bactérias psicrotólicas que crescem no leite cru. Uma proporção de ácidos graxos livres – especialmente de cadeia curta – também é originada a partir da degradação da lactose e de aminoácidos (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

Segundo Lee (2020), o processo de pasteurização pode retardar este desenvolvimento de sabores gerados pela lipólise em produtos lácteos. A pasteurização do leite de cabra normalmente produz uma manteiga com menos desenvolvimento do sabor "caprino" em comparação com a manteiga produzida a partir de leite de cabra cru, devido à inativação enzimática e perda da flora microbiana nativa.

É importante ressaltar que os ácidos graxos não são apenas compostos de aroma por si mesmos, mas também servem como precursores de outros compostos, tais como metil-cetonas,

aldeídos, ésteres, lactonas e álcoois secundários. Estes compostos secundários derivados da gordura podem ser compostos de aroma e sabor muito potentes (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

Dentre as classes químicas dos compostos voláteis que contribuem para a formação do aroma do leite pode-se citar: álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, ácidos graxos livres, lactonas, terpenos, hidrocarbonetos, compostos sulfurados e compostos nitrogenados. Esses compostos são possivelmente derivados de plantas consumidas pelo animal, sendo transferidos de suas forragens para o leite através do rúmen ou são produtos da digestão de precursores (SANT'ANA et al., 2017). Entretanto, as substâncias responsáveis pelo sabor do leite caprino não são ainda bem conhecidas, assim como seus prováveis precursores. As fontes de aroma ainda não foram estudadas em detalhes a partir da perspectiva da composição química (SANKARGANESH et al., 2014).

Segundo Vagenas e Roussis (2012), as diversas classes químicas proporcionam contribuições diferentes na formação do aroma do leite. Em relação às cetonas, estão presentes principalmente na forma de metilcetonas, sendo derivados de ácidos graxos livres que foram primeiro oxidados a β -cetoácidos e, em seguida, foram descarboxilados para as correspondentes metil-cetonas. As cetonas têm limites de percepção baixos e odores típicos, tais como frutado, floral e notas de mofo. Várias metil-cetonas, como 2-heptanona, 2-octanona, 2-nonanona, 2-decanona e 2-undecanona contribuem para o sabor de produtos lácteos.

No que diz respeito aos aldeídos de cadeia linear, como exemplos n-butanal, n-pentanal, n-hexanal e n-nonanal, estes são caracterizados como aroma de grama verde e aromas herbáceos. Tais compostos podem também resultar de β -oxidação de ácidos graxos insaturados ou mesmo reações induzidas pela luz. Aldeídos de cadeia linear são muito desagradáveis quando as suas concentrações excedem certos valores de percepção. Neste grupo, o odorante mais comumente encontrado parece ser o nonanal (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

No tocante às lactonas, estas são ésteres cíclicos. Entre elas, γ - e δ -lactonas, que têm anéis com 5 e 6 carbonos, respectivamente, são compostos estáveis com odor forte. Elas formam-se espontaneamente a partir γ - e δ -hidroxi ácidos graxos de triglicerídeos seguido por lactonização. Lactonas são conhecidos por terem um aroma de pêssego-damasco ou aroma de coco, enquanto δ -lactonas têm limites de baixo limiar de odor (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

Os ésteres etílicos de ácidos graxos também estão entre os voláteis de produtos lácteos. Em baixas concentrações eles contribuem para o aroma total, porém em concentrações elevadas podem ter um impacto negativo conhecido como defeito "frutado". Os valores de limiar de odor de ésteres etílicos são baixos, no entanto, eles podem interagir com outros voláteis, contribuindo

para o aroma global a concentrações mais baixas do que os seus valores de limiar de odor. Eles se originam de triglicerídeos do leite que são hidrolisados, formando ácidos graxos livres, os quais são esterificados com um álcool (normalmente etanol) (VAGENAS; ROUSSIS, 2012). Álcoois secundários são formados por redução enzimática das metis cetonas correspondentes. Entre eles, 2-heptanol tem sido identificado como odorante chave de alguns produtos lácteos (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

De acordo com o comitê de nomenclatura e padrões de referência da *American Dairy Science Association* (ADSA), os aromas no leite devem ser categorizados como se segue: (a) “sabor aquecido”, descrito como cozido, caramelizado e sabor de queimado; (b) “sabor induzido pela luz”, descrito como sabor queimado pela luz solar; (c) “sabor lipolizado”, descrito como sabor rançoso, butírico, amargo; (d) “sabor microbiano”, descrito como sabor ácido, amargo, frutado, maltado, imundo, pútrido; (e) “sabor oxidado”, descrito como sabor de papel, de cartão, metálico, oleoso, sabor de peixe; (f) “sabor transmitido”, descrito como sabor de erva daninha, vaca, celeiro; e (g) “sabor variado”, descrito como sabor plano, químico, forasteiro, sem frescor, salgado.

3.4 Qualidade sensorial do leite de cabra

Qualidades sensoriais, como cor, sabor, aroma e textura são fortes determinantes do comportamento alimentar, influenciando diretamente no consumo e predileção pelos alimentos. A qualidade sensorial é resultante da interação alimento/homem, com suas características próprias, tais como aparência, sabor e textura, interagindo com as condições fisiológicas, psicológicas e sociológicas do indivíduo (DIAS et al., 2012; DUTCOSKY, 2011).

Embora o leite de cabra apresente certas características benéficas que o tornam potencialmente útil na medicina e nutrição humana (SLACANAC et al., 2010), muitos consumidores evitam este leite e alguns de seus derivados devido ao odor e sabor característicos e desagradáveis denominados "caprinos" (RANADHEERA et al., 2019). Além disso, o leite de cabra tem um teor total de caseína menor que o leite bovino, o que afeta as propriedades reológicas dos produtos feitos com leite caprino (HODGKINSON et al., 2018), contribuindo para a baixa aceitação deste leite pelos consumidores (RANADHEERA et al., 2019).

Assim, o leite de cabra possui características sensoriais agradáveis ou desagradáveis, dependendo dos hábitos de consumo, sendo caracterizado por um sabor forte e único. Logo, suas características sensoriais peculiares diminuem a aceitação da população não habituada ao

seu consumo. Este aroma e sabor distintos, quando acentuados, constituem-se como fatores de recusa (QUEIROGA et al., 2019).

De acordo com Lee (2020), o sabor e o aroma do leite de cabra são descritos como rançoso, butírico, bode, com sabão, amargo e imundo. O leite de vaca e seus derivados, por não apresentarem esse odor e sabor característicos, são mais comumente consumidos no mundo ocidental (YOUNG et al., 2012).

A análise sensorial constitui poderosa ferramenta desde a concepção de um novo produto alimentício até a sua padronização e na avaliação do nível de qualidade. É uma ciência que avalia as características de qualidade sensorial, tais como sabor, textura e aparência e precisa ser monitorada desde o momento da percepção e escolha desta qualidade, por meio de estudos do consumidor, influência dos ingredientes, da tecnologia de processamento, padronização e controle de qualidade de rotina e, a estabilidade dos atributos sensoriais durante a estocagem (DUTCOSKY, 2011).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) define análise sensorial como disciplina usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos e materiais, e como elas são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, paladar, tato e audição. Na literatura de avaliação sensorial podem ser encontradas várias técnicas descritivas de perfil, algumas delas com marca registrada. Estas incluem o Perfil de Sabor (CAIRNCROSS; SJOSTROM, 1950), o Perfil de Textura (BRANDT et al., 1963), Análise Descritiva Quantitativa (STONE et al., 1974), métodos *Spectrum* (MUNOZ; CIVILLE, 1992) e Perfil Quantitativo de Sabor (STAMPANONI, 1993).

Métodos de análise sensorial descritiva quantificam características de produtos quanto à aparência, sabor, aroma, textura e sensações residuais, usualmente empregando equipe selecionada e treinada para uso de escalas e avaliação dos atributos (DUTCOSKY, 2011; IAL, 2008). Os testes descritivos são muito úteis quando há a necessidade de uma descrição completa das características sensoriais para a melhoria e o desenvolvimento de novos produtos (PAZ et al., 2016).

Os métodos mais comumente usados são testes de sabor, textura e Análise Descritiva Quantitativa, que empregam avaliadores treinados. Ou seja, para aplicar qualquer um desses testes, não são necessárias apenas longas sessões de treinamento de avaliadores, mas também recursos econômicos para fornecer resultados confiáveis (VARELA; ARES, 2012). As etapas de busca por vocabulário consensual e treinamento são longas e cansativas, e podem necessitar de várias semanas a vários meses.

Portanto, embora as técnicas descritivas sejam métodos abrangentes e flexíveis, capazes de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades sensoriais de um alimento, constituindo-se em uma das mais importantes ferramentas da análise sensorial, algumas limitações que merecem atenção são o tempo necessário para treinamento dos avaliadores, a definição de materiais de referência que possam traduzir as percepções ou sensações, e o limitado escopo do vocabulário, que pode não ser suficiente para definir a qualidade sensorial do alimento (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Assim, considerando-se o aspecto econômico e o tempo consumido para treinamento da equipe de avaliadores, novos estudos vêm apresentando métodos mais versáteis para atender às necessidades da indústria de alimentos, uma vez que estas empresas usam rotineiramente o perfil descritivo para definir e quantificar as características sensoriais sobre as quais os produtos diferem, já que as informações fornecidas por esses perfis apresentam inúmeras aplicações, como desenvolvimento e aprimoramento de produtos, controle de qualidade e comprovação de declarações publicitárias (LAWLESS; HEYMANN, 2010), além de compreender as preferências do consumidor e suas relações com os dados instrumentais.

Nos últimos 20 anos, houve um importante progresso na ciência sensorial concernente ao desenvolvimento de novas metodologias para uma rápida descrição dos produtos e avanços no entendimento sobre as respostas de diferentes segmentos de consumidores (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018). O interesse em novas metodologias para caracterização sensorial, que podem ser realizadas com painéis com diferentes graus de treinamento ou com consumidores, aumentou bastante na última década. Comparadas à análise descritiva clássica, essas metodologias foram aplicadas por um período limitado de tempo e em um pequeno número de aplicações. Portanto, antes que novas metodologias sejam estabelecidas como alternativas padrão para a caracterização sensorial, é necessário desenvolver diretrizes para as melhores práticas (ARES, 2014).

Em resposta às limitações da análise descritiva clássica, várias metodologias vêm sendo estudadas como alternativa, dentre as quais as técnicas Perfil Flash, *Sorting*, mapeamento projetivo, *Check-All-That-Apply* (CATA) e Posicionamento Sensorial Polarizado. Estas metodologias não necessitam de treinamento e podem ser realizadas por avaliadores treinados ou não treinados (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

3.4.1 Perfil Flash

Os últimos avanços na avaliação sensorial permitiram o desenvolvimento de técnicas de descrição rápida, que se destacam por diminuir o tempo de treinamento e, assim, minimizar os custos e manter um painel treinado, permitindo o uso de pessoas sem treinamento sensorial (DEHLHOLM et al., 2012; GAMBOA-ALVARADO et al., 2012). Uma dessas técnicas modernas é o Perfil Flash, proposto por Sieffermann (2000), é um método descritivo que proporciona acesso mais rápido de classificação e descrição de um conjunto de produtos em relação ao método descritivo tradicional (TERHAAG; BENASSI, 2011).

A técnica surgiu de uma modificação do Perfil Livre e está baseada numa combinação deste método com a técnica de ordenação. Dessa forma, combina a etapa de levantamento individual de atributos do Perfil Livre (WILLIAMS; LANGRON, 1984) com a ordenação de cada atributo de um conjunto de produtos apresentados simultaneamente (LAWLESS; HEYMANN, 2010), onde os consumidores que realizam o teste descrevem os produtos usando seus próprios termos. Ou seja, os avaliadores são instruídos a provar as amostras, a fim de descrevê-las, usando quaisquer atributos não hedônicos que considerem apropriados, desde que suficientemente discriminativos para permitir uma classificação das amostras ou mesmo uma classificação parcial.

O avaliador desenvolve seu próprio vocabulário para descrever os atributos sensoriais pertinentes ao produto, porém, em vez de determinar a sua intensidade através do uso de escalas não estruturadas, o avaliador ordena os produtos comparados, reduzindo assim o número de sessões (TERHAAG; BENASSI, 2011). Eles são convidados a descrever todas as diferenças percebidas e não há orientação quanto ao número de atributos a serem utilizados.

Logo, após a descrição dos atributos, o avaliador ordena os produtos comparados simultaneamente, obtendo-se a descrição em poucas sessões, permitindo, assim, uma descrição mais rápida e barata comparada às técnicas convencionais. Como a apresentação do conjunto de amostras para os avaliadores é simultânea, se torna possível avaliar as amostras comparativamente, o que traz consequências práticas importantes, principalmente em termos de preparo e apresentação das amostras.

Segundo Sieffermann (2000), a ideia da técnica é colocar o participante em frente à diversidade total do conjunto de produtos, solicitando ao julgador que se concentre na avaliação comparativa dos mesmos. Esse método favorece a rápida obtenção de resultados sensoriais devido a dois fatores: a avaliação comparativa simultânea das amostras e o uso de uma lista de atributos gerados por cada avaliador, eliminando a etapa de treinamento e procura por consenso no vocabulário (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

Em alguns casos, o profissional sensorial pode decidir restringir o estudo a apenas alguns aspectos, por exemplo, textura ou sabor, e as instruções são, então, adaptadas em conformidade (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018). Os avaliadores devem então classificar imediatamente todas as amostras para cada atributo concebido, na ordem da sensação mais fraca até a mais forte. Geralmente, recomenda-se que as duas etapas – atribuição dos descritores e classificação – sejam realizadas conjuntamente (DELARUE, 2014). No entanto, alguns avaliadores acham mais conveniente listar todos os atributos que desejam avaliar e depois classificar as amostras. Como não há treinamento ou discussão com a equipe, o procedimento pode ser individualizado e sintetizado em apenas uma sessão (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Os trabalhos que utilizaram essa técnica, no geral, empregaram equipes pequenas e com experiência em análise sensorial e constatam maior rapidez e facilidade de execução das análises, com redução de custos pertinentes à quantidade de amostra utilizada, já que as fases de familiarização, geração e avaliação são integradas em uma única etapa (DESSEL et al., 2011). Como desvantagem, observa-se que a interpretação dos termos sensoriais nem sempre é fácil, devido ao grande número de termos e à falta de definições e procedimentos de avaliação (ALBERT et al., 2011). Além disso, não é possível quantificar, mas, apenas identificar as diferenças entre as amostras analisadas.

A tarefa de avaliação simultânea limita o número de amostras que podem ser avaliadas em uma única sessão, mas esta decisão depende mais da natureza dos produtos a serem avaliados. Segundo Delarue (2014), o analista deve considerar as restrições de obtenção e disponibilidade do produto, além da viabilidade de se apresentarem todas as amostras nas mesmas condições (quantidade, temperatura, etc.). No entanto, deve-se ponderar que a forma como uma sessão é conduzida no Perfil Flash é flexível e pode ser projetada para tornar a tarefa de avaliação viável, planejando intervalos entre atributos ou sessões separadas de dois ou três atributos, somente (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Terhaag e Benassi (2011) afirmam que os dados sensoriais gerados por esse tipo de metodologia descritiva podem ser avaliados pela Análise Procrustes Generalizada, pois essa ferramenta estatística elimina as várias fontes de variação entre os consumidores, obtendo-se o mapa sensorial com base em seu consenso, tendo em vista que as matrizes de dados de cada provador têm tamanho diferenciado e que não há consenso nos atributos empregados, não sendo possível trabalhar com dados médios da equipe (OLIVEIRA; BENASSI, 2010).

A Análise Procrustes Generalizada é considerada uma análise exploratória de dados multivariados e fornece uma interpretação gráfica das distâncias entre as amostras, denominado espaço sensorial dos atributos. Essa análise bidimensional utiliza translação, rotação e escala para obter a posição média dos produtos (GÓMEZ-ALVARADO et al., 2010; RAMÍREZ-RIVERA et al., 2010). Assim, o princípio desta análise estatística é aproximar as configurações de cada provador a uma configuração de consenso, de maneira a eliminar as variações no uso de escala, de diferentes intervalos de valores ou de interpretações diferenciadas dos atributos. A Análise Procrustes Generalizada permite ainda detectar diferenças na percepção e falta de repetibilidade, e eliminar resultados de provadores que não apresentam consenso com a equipe. Na análise dos resultados, as dimensões do espaço de consenso são interpretadas pelas correlações dos atributos de cada provador (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

Além da Análise Procrustes Generalizada ser a técnica estatística aplicada aos dados obtidos (DEHLHOLM et al., 2012), segundo Alcantara e Freitas-Sá (2018), a técnica de Análise Fatorial Múltipla (AFM) também pode ser aplicada, uma vez que essas duas técnicas produzem mapas fatoriais que podem ser usados para avaliar o posicionamento sensorial dos produtos.

3.5 Processo de pasteurização em lácteos

Para evitar riscos para a saúde humana decorrentes do consumo de leite cru, a pasteurização é considerada o método mais amplamente utilizado na indústria de laticínios e consiste em um processo de tratamento que aquece o leite com combinações especificadas de tempo e temperatura, a fim de eliminar todos os patógenos conhecidos pelo leite e as bactérias indesejáveis, resultando em um produto não prejudicial e de qualidade constante (TADJINE et al., 2019).

Conforme o Art. 255 do RIISPOA (BRASIL, 2017), entende-se por pasteurização o tratamento térmico aplicado ao leite com objetivo de evitar perigos à saúde pública decorrentes de microrganismos patogênicos eventualmente presentes e que promove mínimas modificações químicas, físicas, sensoriais e nutricionais.

A pasteurização é um tratamento indispensável e obrigatório, existindo diferentes tipos que se aplicam de acordo com a destinação do leite. De acordo com o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 (BRASIL, 2017), os processos de pasteurização a serem aplicados no leite são: a) pasteurização lenta, também conhecida como LTLT (*Low Temperature Long Time*, ou seja, temperatura baixa e tempo longo), que consiste no aquecimento indireto do leite de 63 a

65 °C, durante 30 minutos, sob agitação mecânica; e b) pasteurização rápida, também conhecida como HTST (*High Temperature and Short Time*, ou seja, alta temperatura e curto tempo), um processo contínuo que consiste no aquecimento do leite de 72 a 75 °C durante 15 a 20 segundos. A legislação brasileira (BRASIL, 2006) permite, para o leite de cabra, o uso da pasteurização rápida ou lenta.

A pasteurização lenta não é consentida pela legislação quando se objetiva obter leite para consumo direto, entretanto é permitida para a fabricação de derivados (principalmente queijos) ou ainda para produtos cuja destinação seja fins filantrópicos, em que o consumo é realizado rapidamente. As alterações são mínimas à temperatura da pasteurização lenta, preservando a composição do leite para o pronto desenvolvimento da cultura láctea e uma coagulação eficiente. Por este motivo, para a fabricação de queijo, este tipo de pasteurização é uma alternativa viável (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

Esse método reduz a carga bacteriana em torno de 95%, exigindo, portanto, que o leite seja obtido e mantido, até sua pasteurização, em condições rigorosas de higiene. Geralmente, é realizada em tanques de parede dupla, como ilustrado na Figura 1, onde o leite é mantido em agitação mecânica e aquecido e, depois, resfriado em um sistema com circulação de água fria. Os tanques dessa natureza são de aço inoxidável, material de fácil limpeza, inerte e resistente à acidez do ácido láctico (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

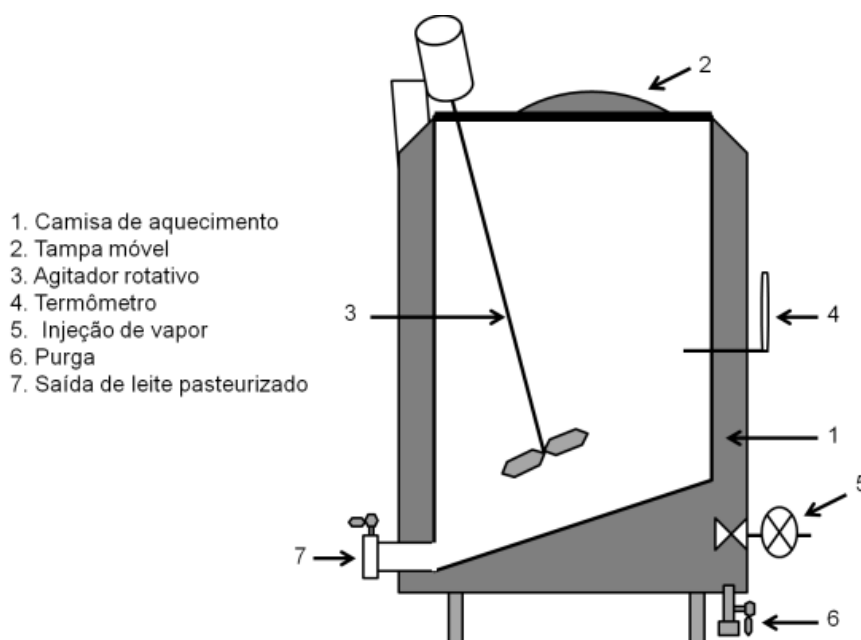


Figura 1 - Esquema representativo de tanque de parede dupla

Fonte: Adaptado de Tronco (2013).

Este tipo de pasteurização apresenta desvantagens importantes, pois se trata de um processo descontínuo, que requer tempo, grande quantidade de calor e frio, equipamentos que exigem muito espaço, e esses fatores tornam esse processo oneroso. Assim, a pasteurização lenta é mais indicada para pequenas produções de queijo (principalmente em volumes superiores a 150 litros de leite), em razão do custo e da demora no resfriamento, que reduz a efetividade da pasteurização, por este motivo esse sistema está praticamente fora de uso na indústria (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

Além disso, a pasteurização lenta tende a formar espuma no tanque, que favorece o desenvolvimento de microrganismos termorresistentes, principalmente os denominados termodúricos e termófilos. Os microrganismos termodúricos são capazes de resistir a temperaturas relativamente elevadas, apesar de não se multiplicarem em tais temperaturas, em se tratando de leite, destacam-se os *Streptococcus* e os *Lactobacillus*. Já os microrganismos termófilos, além de resistirem a elevadas temperaturas, necessitam delas para se multiplicar, destaca-se entre os termófilos os gêneros *Bacillus* e *Clostridium* (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

A pasteurização rápida, por sua vez, apresenta vantagens em comparação com a pasteurização lenta, tais como: permite maior controle e segurança do processo; apresenta maior eficiência; por se tratar de um processo contínuo, é efetuado com muita rapidez; possibilita o tratamento de grande volume de leite; o processo de limpeza é automatizado; as instalações exigem menos espaço e apresentam maior economia de energia pelo processo de regeneração que ocorre no interior do aparelho (SUN, 2012).

Consiste no aquecimento do leite em trocadores de calor tubulares ou de placas, de forma contínua. O leite é aquecido e resfriado por meio de circulação, em fluxo contínuo a pressão constante, entre as placas, em camadas muito finas, em circuito fechado, ao abrigo de ar e de luz, à temperatura de aquecimento entre 72 °C a 75 °C, durante 15 segundos, e é resfriado com água gelada a uma temperatura de 4 °C. A eficiência desse tipo de pasteurização é de 99,5% (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

Este tipo de pasteurização utiliza mais comumente os pasteurizadores de placas. Esses equipamentos consistem em um grupo de placas retangulares onduladas ou com nervuras, em número variável, colocadas em posição vertical, fechadas umas contra as outras, mas separadas por uma junta de borracha que deixa entre elas um espaço de circulação. Por este espaço circula leite, vapor saturado ou água quente ou água fria, podendo a circulação ser em contracorrente. O trocador de calor de placas consiste em uma série de placas finas verticais de aço inoxidável

justapostas em uma armação de metal. As placas podem estar orientadas no sentido vertical ou horizontal e possuem entradas e saídas por onde circulam os agentes de calor; geralmente é utilizada água quente ou vapor saturado sob pressão. O meio de aquecimento mais utilizado é água quente, geralmente com temperatura de 2 °C a 3 °C mais alta que aquela que se deseja atingir no produto. O vapor fornecido por caldeiras a uma pressão de 600 kPa a 700 kPa (6 bar a 7 bar). Essas caldeiras formam canais paralelos, e o agente de aquecimento (água quente ou vapor) é bombeado através dos canais alternados, normalmente com fluxo contracorrente, como ilustrado na Figura 2.

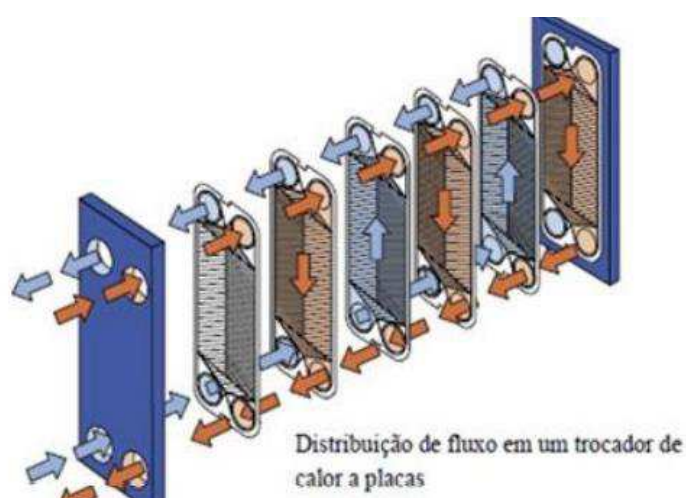


Figura 2 - Conformação de trocador de calor a placas

Fonte: Vidal e Saran Netto (2018).

O leite circula em fluxo contínuo, a pressão constante, na camada delgada de uma das superfícies das placas, e os agentes de aquecimento e de resfriamento circulam na outra porção, produzindo-se a pasteurização, o esfriamento e a recuperação. No pasteurizador, o leite frio que entra no sistema se aquece em contato com o leite que já foi pasteurizado e que deixa o sistema, produzindo um resfriamento parcial desse leite. Com essas trocas, ocorre recuperação de calor em torno de 80% a 90% (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

No entanto, a pasteurização rápida é, muitas vezes, inviável para pequena escala de produção, pois a maioria dos equipamentos fabricados é destinada a um grande volume de leite, apresenta alto custo e necessita de instalações complexas. Como o leite de cabra geralmente é produzido por pequenos produtores, e para que eles possam vender este produto é necessário que o mesmo seja pasteurizado, dentre os sistemas de pasteurização, a lenta é a mais apropriada para este caso, pois é uma técnica simples e sem alto custo (STEFFENS et al., 2020).

Outra solução é a parceria dos pequenos produtores com a indústria de processamento de leite, como acontece na região do Cariri Paraibano (COSTA et al., 2010). Essas indústrias proporcionam aos produtores da agricultura familiar o acesso à pasteurização rápida do leite de cabra.

A ação do calor na pasteurização é controlada usando o binômio tempo/temperatura, onde também é levada em consideração a qualidade final do produto em termos nutricionais e sensoriais, visando ao máximo à preservação das vitaminas, a cor, sabor e odor do produto (AZEREDO, 2012). O aquecimento pode provocar mudanças nas propriedades físico-químicas do leite, dependendo da intensidade do tratamento térmico, porém normalmente estas alterações não são relevantes quando a temperatura não ultrapassa 60 °C. Ressalta-se que o leite caprino apresenta uma estabilidade térmica menor em relação ao leite bovino, devido a micela de caseína do leite de cabra ser fortemente mineralizada, apresentando baixa hidratação. Em consequência, alterações ocasionadas pela pasteurização não são as mesmas no leite dessas duas espécies.

A textura, cor e sabor do leite pasteurizado são bem próximos aos do leite cru; no leite pasteurizado a coloração tem um branco mais acentuado, porém esta diferença é devida a homogeneização feita no leite, sendo o efeito da pasteurização neste caso, não significativo. Quanto às características nutricionais, ocorre perda de menos de 5% das proteínas presentes, a perda de vitaminas também é baixa, tendo pequenas alterações apenas no teor de vitaminas C, B₁₂ e B₁ (SUN, 2012; LOPES, 2019).

Para determinação da eficiência de um tratamento térmico são utilizados indicadores, que podem tanto ser físicos, químicos ou enzimáticos, estes irão indicar se a temperatura utilizada no processo foi adequada. Para determinar a eficiência do processo de pasteurização os indicadores enzimáticos são um dos mais utilizados, consistem na identificação das enzimas fosfatase alcalina e peroxidase. Numa pasteurização adequada, a prova de fosfatase deve ser negativa e a de peroxidase positiva (BRASIL, 2017).

3.6 Análises de compostos voláteis

A análise química de compostos voláteis é extremamente difundida na comunidade técnico-científica (CAPANEMA et al., 2016). Muitas publicações apresentam metodologias para determinação dos mesmos em matrizes de alimentos. Um exemplo são as metodologias descritas na literatura para a determinação de compostos voláteis em leite, já que estes

compostos são conhecidos por serem responsáveis por defeitos de aroma e sabor neste alimento (CANOVA, 2017).

Os compostos voláteis são os responsáveis pelo sabor característico e estão presentes nos alimentos em quantidades extremamente diminutas, além de possuírem diferentes estruturas químicas e serem termolábeis (MISHINA et al., 2016). A mínima interferência na temperatura durante a análise implicará em modificações que alterarão o resultado final obtido, modificando a composição original da matriz que está sendo pesquisada.

O estudo desses compostos tem auxiliado em diversos setores da indústria alimentícia, além de ajudar a compreender como são formados os sabores e aromas característicos de alguns alimentos, como é o caso do leite de cabra. Além disso, este segmento de pesquisa tem auxiliado em outras áreas desde a seleção de cultivares (FERRÃO, 2012; GALVÃO et al., 2011; WELDEGERGIS et al., 2010) até a comercialização e consumo dos produtos.

O procedimento analítico de extração de compostos orgânicos voláteis para amostras complexas consiste em várias etapas que tipicamente incluem a amostragem, preparação de amostras, separação, quantificação, avaliação estatística e tomada de decisão (PAWLISZYN, 2009).

Definir o método de extração dos compostos orgânicos voláteis é um parâmetro importante para determinar os componentes majoritários presentes em uma determinada matriz a ser estudada (SOARES, 2017). Na avaliação dos compostos voláteis do leite essa definição é fundamental, pois a escolha do método apropriado, capaz de extrair os componentes voláteis sem interferências nem alterações na matriz láctea, é uma etapa essencial para não se obter falsos resultados ou resultados incompletos.

3.6.1 Isolamento dos compostos voláteis

Os compostos voláteis são comumente analisados por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas, com uma etapa de extração prévia e pré-concentração da fração volátil (TUNICK et al., 2013; DELGADO et al., 2010). Neste contexto, o isolamento dos compostos voláteis dos não voláteis é uma etapa necessária, realizada antes da introdução da amostra em um instrumento analítico, visando basicamente à eliminação de interferentes e o ajuste da concentração acima do limite detectável.

Portanto, os resultados da análise de compostos aromáticos dependem das técnicas de detecção e isolamento (SANT'ANA et al., 2017). Para a identificação destes compostos são

necessários procedimentos que, inicialmente, permitam isolar os voláteis da grande massa dos macronutrientes, com a mínima distorção da composição original própria do *flavor* em estudo.

Numerosas técnicas de extração são utilizadas uma vez que os aromas estão presentes em quantidades muito pequenas, são instáveis e qualquer aumento na temperatura durante o preparo da amostra acarreta reações químicas que modificam sua composição original. Além disso, a etapa de isolamento não pode causar mudanças na composição total, o que poderia influenciar significativamente o tipo de classes químicas extraídas e identificadas, alterando o aroma característico do produto estudado.

Dentre as técnicas de extração normalmente utilizadas para concentrar analitos, destacam-se a Extração Líquido-líquido, a Extração em Fase Sólida, a Destilação e Extração Simultânea e, mais recentemente, a Microextração em Fase Sólida, *Headspace* estático, *Headspace* dinâmico (*purge and trap*) (SOUZA; BIZZO, 2010).

É de grande importância conhecer qual método apresenta uma melhor sensibilidade para detectar esses compostos em cada tipo de alimento, extraindo um maior número dos mesmos com maior confiabilidade, mantendo as características originais do produto.

Deste modo, torna-se imprescindível averiguar e otimizar a utilização de procedimentos diferentes, já que o aroma obtido está diretamente relacionado com os métodos aplicados nesses processos de isolamento e concentração.

3.6.1.1 *Headspace* estático – HE

A técnica de extração de compostos voláteis por *headspace* pode ser classificada em estática e dinâmica. De acordo com Soria et al. (2015), esse método de extração se refere a um conjunto de técnicas que coletam a fase gasosa acima de uma matriz sólida ou líquida.

Na análise estática do *headspace*, a amostra é inserida em um sistema fechado, aquecida por um determinado período e depois que o equilíbrio é atingido entre a fase gasosa e a fase da amostra, uma alíquota do *headspace* é coletada por meio de uma seringa a gás e imediatamente injetada no cromatógrafo para análise a uma determinada temperatura (BRAGA et al., 2015), conforme demonstrado na Figura 3. Assim, a técnica de *headspace* estático envolve a introdução direta de um dado volume do vapor concentrado acima da amostra de alimento, em uma coluna cromatográfica.

A técnica de *headspace* estático apresenta diversas vantagens, sendo mais simples, com menor tempo de extração, baixo custo e tem sido utilizada na análise comparativa do perfil de

sabor de diferentes matrizes de alimentos (UBEDA et al. 2011), além de ser livre de solventes e exigir pouco manuseio da amostra.

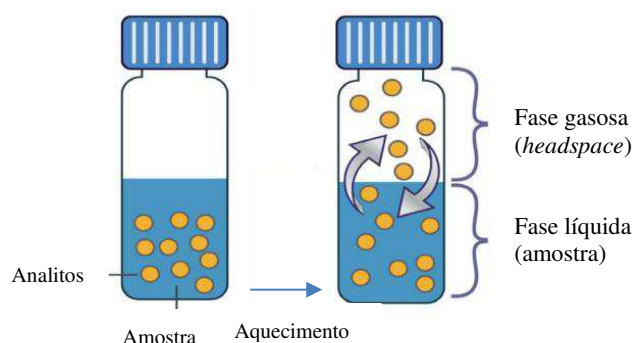


Figura 3 - Sistema de extração de voláteis por headspace estático

Fonte: Adaptado de: GONG et al. (2019).

Esta técnica ainda mantém a integridade química das moléculas, pode ser automatizada, não oferece nenhum passo de pré-concentração, proporciona alta reprodutibilidade, além de permitir estudos qualitativos e quantitativos.

No entanto, não permite a determinação de compostos com elevados pontos de ebulição e apresenta baixa sensibilidade, o que resulta em cromatogramas pobres, limitados a poucos compostos voláteis, compreendendo apenas aqueles com maior pressão de vapor e em alta concentração no *headspace*. Logo, como os compostos voláteis estão presentes em concentrações muito baixas, muitas vezes torna-se inviável a aplicação desta técnica.

Entretanto, a sensibilidade do *headspace* estático pode ser aumentada pela adição de sal, controle do pH ou aumento da temperatura de equilíbrio durante o aquecimento da amostra, que podem melhorar a recuperação dos principais compostos voláteis do aroma (BRAGA et al., 2015).

Dentre as alternativas para se contornar estes pontos negativos da técnica de *headspace* estático e no sentido de aumentar as concentrações dos compostos voláteis presentes, potencialmente importantes ao aroma do produto, foi desenvolvida a técnica de *headspace* dinâmico. Nesta técnica, a amostra é confinada em um recipiente fechado e um gás inerte (geralmente ar purificado, nitrogênio ou hélio) é passado através da amostra; os voláteis liberados são carregados pelo gás e uma armadilha os coleta e os concentra, usando um adsorvente ou uma câmara criogênica (SORIA et al., 2015), conforme demonstrado na Figura 4.

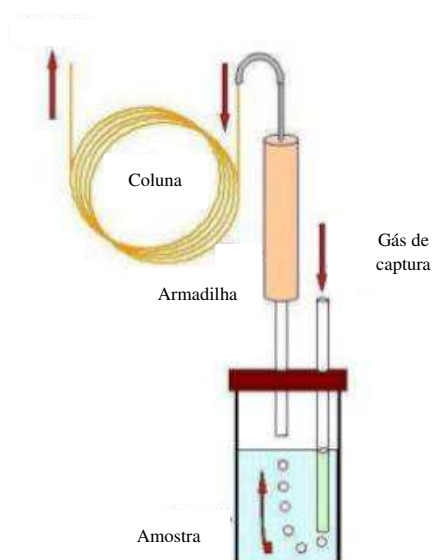


Figura 4 - Sistema de extração de voláteis por headspace dinâmico

Fonte: Adaptado de GONG et al. (2019).

No caso do *headspace* dinâmico, tem-se como principal representante o sistema Purge and Trap P&T[®] (um sistema comercial), que apresenta certos custos e, além disso, fazendo uso de adsorventes ou de câmaras criogênicas o aparelho pode apresentar certo efeito de memória, que acrescenta erros ao procedimento (SORIA et al., 2015).

Essa técnica tem a vantagem do isolamento e da concentração de compostos voláteis e semi-voláteis, associados ao curto período de isolamento, proporcionando aumento na sensibilidade, além da manipulação mínima da amostra, evitando contaminantes ou artefatos. O procedimento dinâmico também impede o estabelecimento de um estado de equilíbrio, causando uma maior dispersão dos voláteis emitidos pela amostra para o *headspace*, que são constantemente removidos resultando na melhora da sensibilidade (PIRES, 2013).

Somando-se a isto, essa técnica preenche ainda alguns requisitos convenientes: envolve isolamento e enriquecimento dos voláteis à temperatura ambiente; permite otimizar as condições de análise; evita a destruição da amostra; permite estudos qualitativos e quantitativos; possibilita a dessorção *on-line* no cromatógrafo e apresenta custo baixo e configuração simples.

3.6.1.2 Destilação e Extração Simultânea (*Simultaneous Distillation and Extraction - SDE*)

Entre as várias técnicas que foram desenvolvidas para isolar compostos voláteis, a técnica de Destilação e Extração Simultânea, introduzida por Likens e Nickerson (1964), é uma das mais amplamente usadas (BURGER, 2016).

Este método combina destilação a vapor em conjunto com extração contínua com um solvente ou uma mistura de solventes, apresentando uma só etapa (BURGER, 2016), como demonstrado na Figura 5.

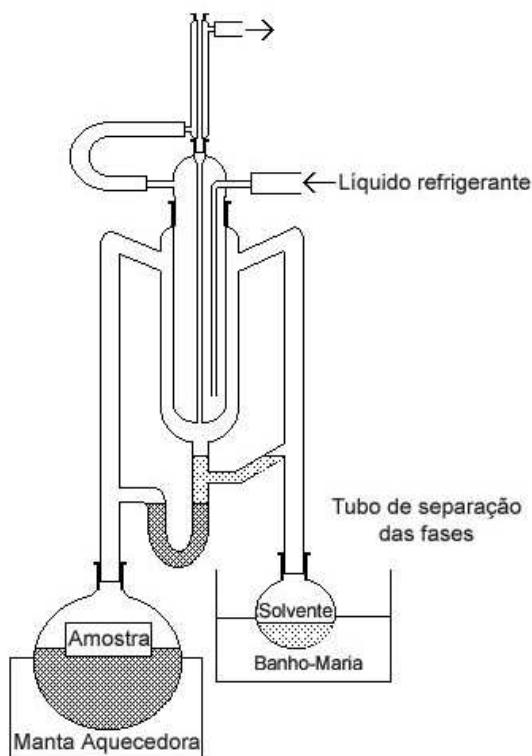


Figura 5 - Representação do aparato de Likens-Nickerson

Fonte: ATAÍDE (2005).

* Balão da amostra (esquerda), balão do solvente (direita), tubo de extração e condensação (centro).

A amostra e o solvente são colocados, cada um, em um balão volumétrico inserido nas duas extremidades do sistema. Os vapores gerados da amostra e do solvente puro entram em contato íntimo acima do condensador; após a condensação escoam para o sifão, posicionado no sistema logo abaixo do condensador. O solvente é imiscível com a água e cada um deles fluxa novamente para os respectivos balões, gerando um processo contínuo.

A principal vantagem da técnica de Destilação e Extração Simultânea é o pequeno volume de solvente empregado, devido à reciclagem contínua (BURGER, 2016), dispensando a etapa de concentração do extrato, o que poderia proporcionar perdas das substâncias mais voláteis. Outra vantagem é o fato de que o solvente orgânico não entra em contato com a amostra bruta, apenas com o material destilado, evitando que substâncias não voláteis de baixa

polaridade, tais como ceras e ácidos graxos, sejam extraídas. A amostra é extraída exaustivamente, de forma que componentes minoritários são recuperados em quantidades suficientes para permitir sua identificação. Com pequenas modificações no desenho da aparelhagem, podem ser usados solventes mais densos ou menos densos que a água.

Essa técnica ainda apresenta a possibilidade de uso do extrato para um maior número de análises, facilitando a calibração de dois parâmetros, volume de injeção e nível de concentração do extrato, enquadrando dentro da faixa de detecção e sensibilidade do detector.

A Destilação e Extração Simultânea é particularmente eficiente para a extração de fenóis, ácidos, lactonas e aldeídos pesados, cetonas, álcoois e ésteres (Queiroga et al., 2005). Contudo, o aquecimento durante essa etapa leva à formação de compostos furânicos e, em função da metodologia aplicada, pode ocorrer ainda a discriminação de alguns compostos devido sua volatilidade e massa molar.

Esta técnica foi otimizada por Queiroga et al. (2005) para isolamento de voláteis de leite de cabra com a utilização do aparelho de Likens e Nickerson, variando-se as condições analíticas: volume da amostra, tempo de extração, temperatura de extração e o solvente.

3.6.1.3 Microextração em fase sólida (*Solid Phase Microextraction* - SPME)

A técnica de microextração em fase sólida (SPME), descrita pela primeira vez por Arthur e Pauliszyn (1990), é uma alternativa de extração (OLIVEIRA et al., 2010), ideal para compostos orgânicos voláteis, em que os processos de extração e pré-concentração do analito ocorrem em uma única etapa. Além disso, possui múltiplas vantagens em comparação com outras técnicas convencionais: é ecológico, uma vez que não requer solventes; possui alta sensibilidade; facilidade na preparação da amostra; a extração dos compostos ocorre em um período curto de tempo; além da possibilidade de manipulação de pequenas quantidades de amostra (MENEZES et al., 2019; RODRIGUES, 2016).

Esta técnica também não requer aparelhagens complexas, permite o isolamento de compostos voláteis a partir de matrizes, tanto no estado sólido, como no líquido, e apresenta a facilidade de uso em análise de campo (DELGADO et al., 2010; JELEN et al., 2012).

Também é altamente adequada para compostos que têm alta volatilidade da constante da lei de Henry (K_H). No entanto, compostos que são caracterizados com baixo K_H , para o qual a resistência da fase gasosa controla mais de 95% da taxa de evaporação (PSILLAKIS et al., 2012; PSILLAKIS, 2017), não são favorecidos na extração de SPME.

Os compostos aromáticos são caracterizados pelo seu limiar de odor, possuindo valores muito baixos em um ng L^{-1} ou ng Kg^{-1} , tornando um desafio isolá-los a partir de alimentos e em seguida identificá-los e quantificá-los (JELEN et al., 2012). Neste contexto, as técnicas de microextração são ferramentas atraentes na caracterização de compostos aromatizantes de alimentos, uma vez que a captura dos compostos voláteis que provém de uma amostra em um recipiente fechado pode ser recolhida no *headspace* (TUNICK, 2014).

A Microextração em Fase Sólida é baseada em um processo dinâmico de adsorção de voláteis na fase de vapor no espaço livre da amostra numa fibra de sílica revestida com um polímero adsorvente e possui alta sensibilidade na extração de voláteis com uma ampla faixa de polaridade (BRAGA et al., 2015). A fibra é inserida no espaço *headspace* acima da matriz sólida ou líquida por um determinado tempo, até que haja a sorção dos compostos voláteis e atinja o equilíbrio (TUNICK, 2014), conforme demonstrado na Figura 6.

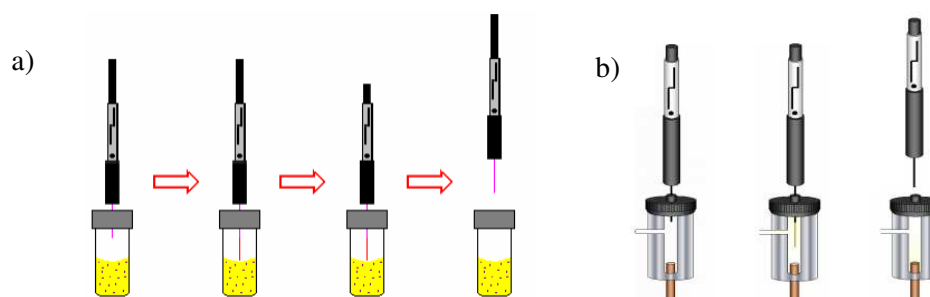


Figura 6 - Sistema de Microextração em Fase Sólida

Fonte: Adaptado de FURTON e ALMAIRALL (2000).

a: Etapa de extração ou sorção dos analitos; b: Etapa de dessorção térmica dos analitos no injetor do cromatógrafo.

O método envolve dois processos: a partição dos compostos entre a fase estacionária da fibra e a amostra, e a dessorção térmica dos compostos no injetor do cromatógrafo, equipado com um insersor de haste apropriado (Figura 6). A fase extrativa pode ser posicionada diretamente na fase líquida ou, no caso de amostras gasosas, em contato com o gás, ou ainda, em contato com o vapor em equilíbrio com a amostra líquida ou sólida. Após certo período necessário para que se estabeleça o equilíbrio entre as fases envolvidas, a fibra é reposicionada no interior da agulha (SANT'ANA et al., 2017). Em seguida, a seringa é levada a um cromatógrafo a gás, onde a fibra é introduzida no seu injetor, ficando exposta a ação do calor; os analitos são então dessorvidos e o processo de separação/quantificação então tem início.

O princípio do *headspace* SPME é baseado no equilíbrio da partição dos analitos entre as fibras, amostra e *headspace* (MITELUT et al., 2011). Assim, a escolha da fibra é uma etapa de grande importância. Em geral, a extração de voláteis é bem-sucedida quando a polaridade

da fibra corresponde à polaridade do analito, isto é, fibras não-polares para analitos não-polares e fibras polares para analitos polares.

O dispositivo SPME consiste de um bastão de fibra ótica, de sílica fundida de 100 mm de diâmetro, com 10 mm de uma extremidade recoberto com um filme fino de um polímero (polidimetilsiloxano = PDMS, poliacrilato = PA, carbowax = CAR, divenilbenzeno = DVD) (RODRIGUES, 2016). Diversos tipos de fibras estão disponíveis comercialmente, podendo ser divididas em dois grupos de acordo com seu recobrimento – polímeros puros (ex.: PDMS) ou PA e filmes mistos (ex.: CAR-PDMS, DVD-PDMS, CAR-DVB e DVB-CAR-PDMS (GODINHO, 2009).

As fibras comerciais variam de 7 μ m a 100 μ m de espessura e de 0,03 μ L a 0,7 μ L de volume e, por serem delicadas, são comercializadas no interior de um tubo hipodérmico, ficando reservadas durante os momentos em que não estão sendo utilizadas. A representação desse dispositivo está demonstrada na Figura 7.

Em SPME, a quantidade de substância extraída para a fibra depende não só da polaridade e da espessura da fase estacionária, mas também do tempo gasto no processo e da concentração dos analitos presentes na amostra. A extração é melhorada por agitação, adição de sal à amostra, alteração do pH e aumento da temperatura.



Figura 7 - Representação do dispositivo de SPME

Fonte: Acervo fotográfico pessoal (2020).

A Microextração em Fase Sólida tem sido considerada como um método potencialmente útil para a caracterização de compostos voláteis de alimentos e principalmente, como método de rotina para verificar mudanças no aroma e sabor durante o processamento. Esta técnica tem sido usada em análise de voláteis de vários produtos lácteos (VAGENAS; ROUSSIS, 2012).

Diversos trabalhos podem ser encontrados na literatura que demonstram a aplicação da técnica de SPME na área alimentícia (BALASUBRAMANIAN; PANIGRAHI, 2011; KRAUJALYTE et al., 2012; SUN et al., 2010; ZHENG et al., 2012) e particularmente para leite de cabra e derivados (BEZERRA et al., 2017; SANT'ANA et al., 2019; SANT'ANA et al., 2017).

A técnica SPME foi otimizada por Sant'Ana et al. (2017) para isolamento de voláteis de leite de cabra, a fim de promover conhecimento preliminar de algumas variáveis que afetam esse processo, bem como identificar alguns compostos que contribuem para o sabor do leite caprino.

3.6.2 Separação dos compostos voláteis por cromatografia de alta resolução

A separação cromatográfica de misturas é obtida por interação diferencial dos seus componentes em uma fase estacionária (líquida ou sólida) e uma fase móvel (líquida ou gasosa). As fases estacionárias possuem diferenciação de princípio de separação, de acordo com seu estado físico: fases estacionárias líquidas e sólidas (CANOVA, 2017) e dependendo da fase móvel se tem a Cromatografia Gasosa e a Cromatografia Líquida.

A mistura de compostos voláteis, obtida através da etapa de isolamento é extremamente complexa e requer, para a sua separação, a aplicação de técnicas cromatográficas, principalmente a Cromatografia Gasosa de alta resolução; uma vez que o alimento, matriz susceptível a alterações, exige o uso de instrumentos caros e sofisticados.

Assim, a análise de compostos voláteis em alimentos é comumente realizada usando técnicas de Cromatografia Gasosa (CG), empregando tecnologias muito sensíveis, capazes de detectar vestígios de compostos voláteis (BERTUZZI et al., 2018). É fundamental que a detecção de CG seja de grande eficiência para o perfil do aroma do leite, especialmente porque compostos voláteis, presentes em níveis de traços, podem ser facilmente percebidos durante a análise sensorial (baixo limiar de percepção) e podem contribuir significativamente.

A Cromatografia Gasosa é uma técnica instrumental empregada para separar e identificar substâncias orgânicas que podem ser vaporizadas sem se decompor. Sendo utilizada, frequentemente, para avaliar a pureza de um composto e separar os componentes de uma mistura (ENGEL et al., 2011). Apresenta como vantagens a rapidez, um poder de resolução excelente, alta sensibilidade, além de operar com pequenas quantidades de amostra. Além do fato de que nesta técnica ocorre um processo de separação por adsorção física, onde a interação entre as moléculas e a fase sólida é fraca, com interações do tipo *Van der Waals* ou eletrostáticas (CANOVA, 2017).

Em síntese, a separação baseia-se na diferença de distribuição das substâncias de uma amostra entre uma fase estacionária e uma fase móvel (CANOVA, 2017). A amostra, por meio de um sistema de injeção, é introduzida em uma coluna contendo a fase estacionária. O uso de temperaturas adequadas no local de injeção da amostra e na coluna de separação possibilita a

vaporização dessas substâncias que, de acordo com suas propriedades e as da fase estacionária, são retidas por tempos determinados e chegam à saída da coluna em tempos diferenciados. Os componentes de um cromatógrafo gasoso podem ser observados na Figura 8.

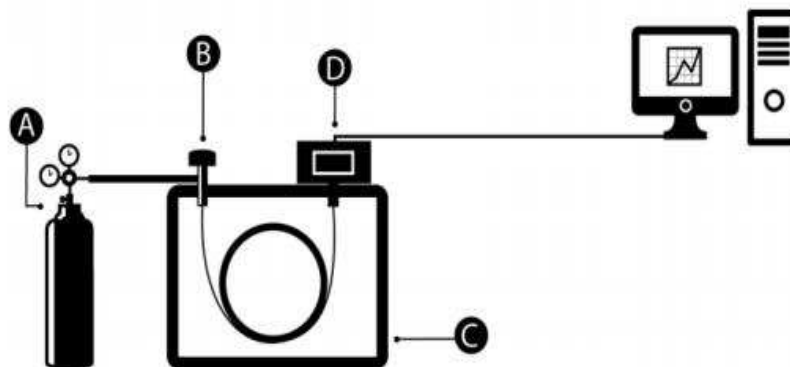


Figura 8 - Esquema de um Cromatógrafo a gás

Fonte: CANOVA (2017).

A: Sistema de suprimento de gases; B: Sistema de injeção de amostra; C: Coluna e forno da coluna; D: Sistema de detecção.

Conforme demonstrado na Figura 8, um cromatógrafo a gás é composto por Sistema de Suprimento de Gases (A), Sistema de Injeção de Amostra (B), Coluna e Forno da Coluna (C), Sistema de Detecção (D) que gera o sinal que será visualizado no computador.

- Sistema de Suprimento de Gases: irá fornecer o gás de arraste, ou seja, a fase móvel;
- Sistema de Injeção de Amostra: introdução da amostra ao sistema;
- Coluna: suporte da fase estacionária;
- Forno da Coluna: sistema de aquecimento da coluna;
- Sistema de detecção: pode ser de diferentes tipos e irá detectar o analito, gerando um sinal que possa ser visualizado através do software adequado (DEL GRANDE, 2014).

Os principais tipos de detectores que podem ser utilizados em cromatografia a gás são:

- Detector por Ionização em Chama (do inglês *Flame Ionization Detector*, FID): detecta os íons formados através da queima da amostra em uma chama de hidrogênio e oxigênio.
- Detector por Condutividade Térmica (do inglês *Thermal Conductivity Detector*, TCD): detecta a variação na condutividade térmica do gás no momento da eluição do analito.
- Detector por Captura de Elétrons (do inglês *Electron Capture Detector*, ECD): detecta a supressão de um fluxo de elétrons termais (lentos), causada pela absorção por espécies eletrofilicas.

- Acoplamento à Espectrômetro de Massas (do inglês *Mass Spectrometry*, MS): detecta os analitos a partir de sua massa, após uma ionização que pode ser por impacto de elétrons ou química, que fará com que os analitos sejam separados através da sua relação massa carga (m/z).

Os detectores estão situados na saída da coluna de separação e sua função é medir a quantidade dos componentes individuais separados, presentes na corrente do gás de arraste, que elui da coluna cromatográfica. O sinal de saída do detector é enviado a um sistema de dados que finalmente traça um gráfico denominado cromatograma. O tipo de detector utilizado em uma análise depende de fatores como a natureza dos componentes separados e o nível da concentração a ser medido, sendo que para a análise de voláteis um dos mais utilizados é o Detector de Ionização de Chama (DIC).

A separação dos componentes da amostra é efetuada na coluna cromatográfica, a qual deve ser devidamente escolhida, levando-se em consideração a dimensão, o tipo e a quantidade de suporte sólido que compõe a fase estacionária, pois com a seleção inadequada dessas condições será mais difícil obter resultados satisfatórios, mesmo com equipamentos modernos e sofisticados.

As colunas capilares de sílica fundida, que apresentam elevado número de pratos teóricos e com grande poder de resolução e eficiência, possibilitam a separação de diversas classes de compostos químicos, com largas faixas de polaridade, solubilidade e pontos de ebulição. Tais colunas são praticamente inertes, altamente flexíveis, facilitando a instalação nos instrumentos e eliminando-se volumes mortos. Além disso, as fases estacionárias podem ser quimicamente ligadas às paredes da coluna, apresentando baixa volatilidade, estabilidade térmica e inatividade química, portanto, apresentam menor sangramento e maior tempo de vida útil (FRANCO; JANZANTTI, 2004). Assim, as colunas capilares são utilizadas pela alta resolução e eficiência (SIMÕES et al., 2009).

O injetor tem a função de vaporizar a amostra, que deve ocorrer de forma rápida e completa, sem decompor e fracionar a amostra. A quantidade de amostra injetada não deve ultrapassar a capacidade da coluna. Os injetores para cromatografia gasosa mais usados atualmente são os dos tipos *split-splitless*, *on-column* e *programmed temperature vaporizer* (PTV) (SIMÕES et al., 2009).

A melhor opção para análise de compostos voláteis termolábeis é o injetor chamado *cool on-column*, pois evita a decomposição térmica ou a discriminação de compostos com pontos de ebulição elevados, porque permite a introdução direta da amostra na coluna cromatográfica sem vaporização prévia e PTV, operando em *cold splitless*. Com este tipo de

injeção, a totalidade da amostra injetada é introduzida na coluna, evitando o emprego de conexões que poderiam introduzir artefatos ou diminuir a resolução da separação cromatográfica (SIMÕES et al., 2009).

3.6.3 Identificação dos compostos voláteis

A identificação dos compostos voláteis passou por um grande avanço, iniciando com a associação de cromatógrafos gasosos a espectrômetros de massas (CG-EM). A união dessas duas poderosas técnicas de análise química introduziu uma ferramenta eficaz na separação e na identificação de compostos provenientes de misturas complexas.

Portanto, a cromatografia a gás acoplada à espectrômetro de massas é uma técnica muito utilizada, porque combina a alta seletividade e eficiência de separação da cromatografia com a possibilidade de obtenção de informações estruturais e de massa molar dos compostos através da espectrometria de massas. Desta forma, a técnica de CG-EM é amplamente utilizada na identificação de substâncias voláteis e semivoláteis de amostras (SMITHS, 2014).

A espectrometria acoplada à cromatografia gasosa tem sido amplamente empregada para identificar e quantificar componentes de aroma/sabor em diversos tipos de alimentos (BEZERRA et al., 2017; GOODNER; ROUSEFF, 2011), uma vez que os espectrômetros de massa fornecem boa estabilidade e sensibilidade para análises de compostos voláteis. Contudo, a amostragem representa o ponto mais crítico nesta abordagem (CALAMAI et al., 2012). Assim, torna-se imprescindível, incluir um passo anterior que envolva a correta extração da fração do volátil (DELGADO et al., 2011).

Atualmente, aparelhos modernos e sofisticados permitem obter, em segundos, a varredura de compostos eluídos das colunas capilares de alta eficiência. Quando se utiliza cromatografia com coluna capilar, que já possui compatibilidade suficiente ao sistema de vácuo do espectrômetro de massas, a separação das moléculas se dará inicialmente pela interação das mesmas com a fase estacionária da coluna, permitindo que o espectrômetro de massas “capture, ionize, acelere, desvie e detecte as moléculas ionizadas separadamente” (SMITHS, 2014). Por esses motivos, o uso da cromatografia gasosa e espectrometria de massas como ferramentas fundamentais na área intitulada química de aroma sempre encontrou grande interesse e suporte junto à indústria alimentícia moderna.

Tomando como base a determinação de massas molares de certas substâncias presentes em uma matriz complexa, a Espectrometria de Massas (EM) é um processo analítico que revela as fórmulas moleculares destas substâncias (SOUTELO et al., 2020). Um espectrômetro de

massas divide-se basicamente em cinco componentes: unidade de entrada da amostra, também conhecida por interface; fonte de ionização; analisador de massa; detector e sistema de dados, conforme demonstrado na Figura 9 (PAVIA et al., 2010).



Figura 9 - Componentes de um Espectrômetro de massas

Fonte: Adaptado de PAVIA et al. (2010).

As moléculas no estado gasoso são ionizadas em regiões de alto vácuo (10^{-8} atm), produzindo íons e fragmentos de íons que são encaminhados para um analisador de massa/carga e finalmente coletados pelo detector. A representação dos resultados constitui o espectro de massas, o qual demonstra a distribuição das espécies iônicas e suas abundâncias relativas. Cada composto, dependendo de sua estrutura química, passa por fragmentações particulares, gerando um espectro de massas característico, que pode ser utilizado como uma “impressão digital” daquele composto (PAVIA et al., 2010). Deste modo, os resultados são revelados em um espectro de massas, um gráfico, cujo eixo das coordenadas tem relação com a abundância dos íons produzidos e são analisados pela ordem crescente de sua relação massa/carga. Sob uma mesma condição, as fragmentações de um composto são idênticas, podendo ser utilizada para caracterizar as substâncias (SOUTELO et al., 2020).

Com o desenvolvimento dos sistemas de análise de dados por computadores, os cromatogramas e os espectros de massas podem ser armazenados para pós-processamento. A incorporação de programas específicos habilita o computador a rastrear e ajustar as condições instrumentais ótimas durante toda a análise cromatográfica, facilita os cálculos, processa os dados experimentais e os confronta com os dados da biblioteca inserida no sistema, informando rapidamente os possíveis resultados com certo grau de certeza, através da comparação do espectro da amostra com espectros obtidos de padrões puros (bibliotecas com substâncias puras e seus respectivos íons) (PAVIA et al., 2010).

Além dos dados obtidos por espectrometria de massas, informações adicionais são necessárias para a confirmação positiva do composto. É necessário o conhecimento das características de retenção quando compostos diferentes apresentam espectros de massas

semelhantes. Por isto, como citado pela *International Office of the Flavor Industry* (IOFI), apenas os dados de Cromatografia Gasosa – Espectrometria de Massa (CG-EM), muitas vezes podem ser insatisfatórios para uma identificação efetiva do composto. Assim, em alguns casos, informações adicionais obtidas de padrões puros ainda são necessárias.

Neste contexto, os índices de retenção cromatográficos, comparando a ordem de eluição experimental com a ordem de eluição indicada na literatura e o uso de padrões puros, auxiliam e eliminam possibilidades, aumentando a confiabilidade da identificação. Um índice de retenção sistemático, proposto por *Kovats*, permite expressar o tempo de retenção dos compostos de interesse em uma escala uniforme, construída a partir de padrões de alcanos em isotermas definidas para uma determinada fase estacionária (SIMÕES et al., 2009). O uso destes índices de retenção auxilia na identificação dos compostos odoríferos potentes que geralmente se correlacionam a picos pequenos nos cromatogramas, o que dificulta a sua identificação.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de execução e coleta de amostras

O leite caprino foi coletado em quatro usinas de beneficiamento de leite localizadas em quatro municípios do Cariri Ocidental Paraibano. Cada usina recebe o leite de cabra de pequenos produtores cadastrados no Programa do Leite da Paraíba, procedentes do próprio município e de municípios vizinhos. Dessa forma, o leite de cabra coletado foi proveniente de 13 municípios dos 17 que compõem a microrregião, sendo eles: Amparo, Camalaú, Coxixola, Livramento, Monteiro, Ouro Velho, Parari, Prata, São José dos Cordeiros, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê.

O leite foi obtido de cabras mestiças (Alpina Parda - *Capra aegagrus hircus*, Toggenburg - *Capra aegagrus hircus* e Saanen - *Capra hircus*), com peso médio de 50 ± 3 kg, produzindo em média 3 litros de leite ao dia, criadas em sistema de semi-confinamento na microrregião do Cariri Ocidental Paraibano que juntamente com o Cariri Oriental, compõe a maior Bacia caprina leiteira do País. Os animais eram alimentados com pasto nativo e suplementação de palma, capim elefante, sorgo e bufel; produtores de dois locais de coleta ainda ofereciam soja, milho, trigo, torta, silagem e sal mineral.

O leite de cabra foi coletado em dois momentos distintos. Para a padronização da metodologia de extração de compostos voláteis em leite de cabra, o leite foi coletado pasteurizado em abril de 2019. A segunda coleta aconteceu em outubro de 2019 e o leite de cabra foi coletado *in natura* (cru) e pasteurizado, para realização das análises físico-químicas, perfil de ácidos graxos, extração de compostos voláteis e sensorial dos dois tipos de leite. A pasteurização do leite foi acompanhada em todas as usinas. Nos dois momentos, o leite de cabra foi refrigerado na coleta, posteriormente congelado e conduzido aos laboratórios até o momento das análises.

4.2 Local das análises

As análises aconteceram no Laboratório de *Flavor* (LF) e no Laboratório de Análises Químicas de Alimentos (LAQA) do Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia (CT) e no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição, do Centro

de Ciências da Saúde (CCS), todos no *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As análises de acidez e densidade do leite cru e do leite pasteurizado foram realizadas nas usinas de beneficiamento; após a pasteurização também foram realizados testes de fosfatase e peroxidase no leite na própria usina.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituído por dois tratamentos (sem tratamento térmico e com tratamento térmico), conforme pode ser observado na Figura 10. Os leites foram coletados em três dias consecutivos de ordenha, como repetições.

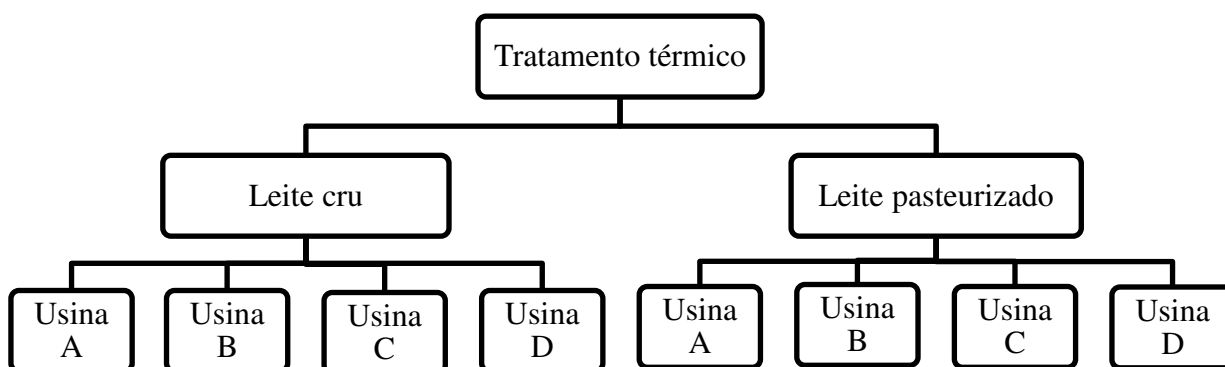


Figura 10 - Esquema experimental

Fonte: Autoria própria (2020).

O esquema fatorial foi 2 x 4 x 3 totalizando 24 amostras, sendo considerados dois tratamentos (com e sem pasteurização), quatro locais de coleta do leite de cabra e três repetições.

4.4 Análises físico-químicas do leite de cabra cru e pasteurizado

A qualidade físico-química do leite de cabra cru e do leite de cabra pasteurizado foi caracterizada por meio das análises de: proteína, cinzas, teor de água, gordura, lactose, pH, acidez e densidade.

As proteínas foram determinadas pelo método *Micro-Kjedahl*, com o fator 6,38 multiplicado pela porcentagem de nitrogênio, conforme metodologia recomendada pela AOAC (2016). As cinzas conforme métodos descritos na norma AOAC (2016) 945.46 e 925.23, respectivamente. Na dosagem de gordura utilizou-se o lacto-butirômetro de Gerber

(INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O teor de açúcares redutores em lactose foi determinado segundo o método de redução de *Fehling*, expressando os resultados em lactose (g/100g) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O pH foi medido utilizando-se um eletrodo de vidro acoplado a um potenciômetro digital (Modelo Q400 MT, Quimis Aparelhos Científicos Ltda., Diadema, São Paulo/SP, Brasil), conforme procedimento nº 947.05 descrito pela AOAC (2016). A acidez e fosfatase alcalina também seguiram os métodos, 947.05 e 965.26 respectivamente, da AOAC (2016). A peroxidase foi dosada segundo a metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária (BRASIL, 1981). A densidade do leite foi quantificada mediante a leitura em termolactodensímetro a 15°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

4.5 Caracterização e quantificação dos ácidos graxos do leite de cabra cru e pasteurizado

A etapa de Transesterificação de gordura do leite de cabra e a metilação seguiram a metodologia para leite asinino, adaptada de Molkentin e Precht (2000). O leite de cabra foi previamente liofilizado. As soluções utilizadas nesta análise foram o KOH 2M em metanol; HCl 1,25 M em metanol e n-hexano.

A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foram realizadas em Cromatógrafo Gasoso Varian 430 (GC, California, EUA), acoplado com detector de ionização de chama (DIC), coluna capilar de sílica fundida (CP-SIL 88, *Agilent*, EUA) com dimensões de 100 m x 0,25 mm e 0,20 µm de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste a vazão de 1 mL/minuto.

As condições do Cromatógrafo a gás foram: Temperatura do injetor 250 °C, a temperatura inicial do forno foi de 40 °C por 2 minutos, aumentando-se 10 °C/minuto até atingir 180 °C, permanecendo-se por 30 minutos, seguido por outro aumento com taxa de 10 °C/minuto até atingir 240 °C permanecendo por mais 10 minutos com um tempo total de corrida de 62 minutos; a temperatura do detector foi de 250 °C. Os fluxos dos gases auxiliares foram: Hélio 25 mL/minuto, Hidrogênio 30 mL/minuto, Ar sintético 300 mL/minuto. Alíquotas de 1,0 µL do extrato esterificado foram injetadas em injetor tipo *Split/Splitless* (*Split* 1:100). Os cromatogramas foram registrados em *software* tipo *Galaxie Chromatography Data System*. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19 - Kit (*Fatty Acid Methyl Esters* C6 - C24).

4.6 Padronização de metodologia para extração de compostos voláteis em leite de cabra

Foi realizado um estudo preliminar objetivando-se estabelecer a metodologia de extração dos compostos voláteis do leite de cabra, que apresentasse melhor capacidade de extração dos voláteis. Para tanto, foram testadas quatro metodologias de extração, isto é: *Headspace* estático - HE; Microextração em fase sólida automática – SPME-A (*Solid Phase Microextraction automated*); Microextração em fase sólida manual – SPME-M (*Solid Phase Microextraction Manual*); e Destilação e Extração Simultânea – SDE (*Simultaneous Distillation and Extraction*). Para esta ação de seleção de metodologia para extração dos voláteis, utilizou-se leite de cabra pasteurizado, considerando-se a hipótese de que no leite pasteurizado tem-se um aroma mais intenso, em comparação com o leite cru devido ao aquecimento.

No estudo preliminar foram utilizadas as seguintes metodologias:

4.6.1 *Headspace* estático – HE

O leite caprino (5 mL) foi colocado em frasco de 20 mL (Figura 11) e aquecido a 80 °C por 10 minutos. Este procedimento ocorreu de forma automatizada pelo CombiPal Autosampler (CTC).

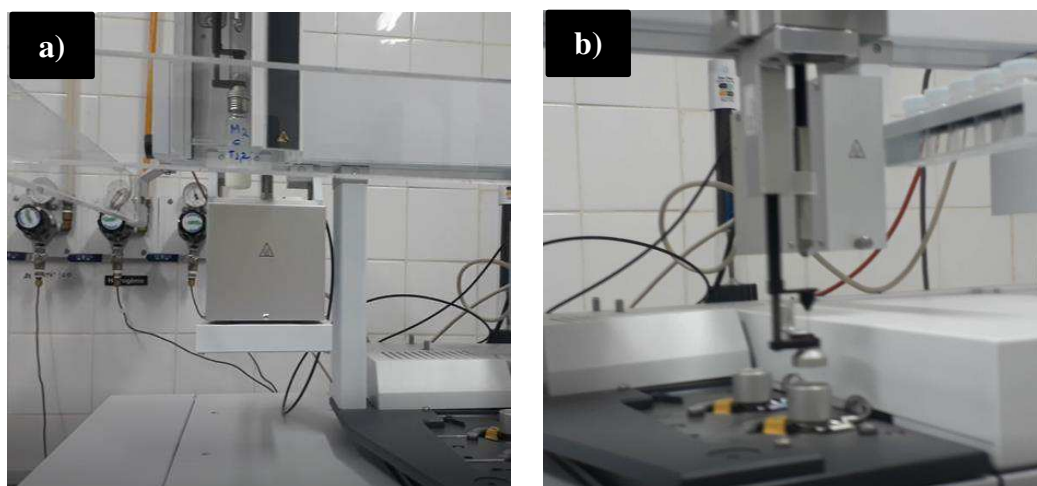


Figura 11 - Extração de voláteis de leite caprino por Headspace

Fonte: Acervo fotográfico pessoal (2020).

a) Aquecimento; b) Injeção no cromatógrafo

4.6.2 Microextração em fase sólida automática – SPME-A (*Solid Phase Microextraction automated*)

Na extração por SPME-A, 5 mL de leite caprino foram acondicionados em um frasco de 20 mL e aquecido à temperatura de 45 °C por 15 minutos de agitação. Este procedimento aconteceu de forma automatizada pelo CombiPal Autosampler (CTC) conforme demonstrado na Figura 12.



Figura 12 – Extração de voláteis de leite caprino por SPME-A

Fonte: Acervo fotográfico pessoal (2020).

4.6.3 Microextração em fase sólida manual – SPME-M (*Solid Phase Microextraction Manual*)

A extração por SPME-M seguiu a metodologia de Sant’Ana et al. (2017), utilizando-se dispositivo SPME da Supelco (Bellafonte, PA, USA). A fibra utilizada foi ativada de acordo com as condições do fabricante (270 °C / 60 min).

O leite de cabra (20 mL) foi colocado em um frasco de 100 mL e aquecido a 45° C por 15 minutos antes da exposição da fibra, conforme demonstrado na Figura 13. A fibra divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS – 60 µm) 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.



Figura 13 - Extração de voláteis de leite caprino por SPME-M
 Fonte: Acervo fotográfico pessoal (2020).

4.6.4 Destilação e Extração Simultânea - SDE (*Simultaneous Distillation and Extraction*)

A extração por SDE seguiu a metodologia descrita por Queiroga et al. (2005), com modificações. Foi utilizado o aparelho de Likens e Nickerson montado conforme Figura 14.

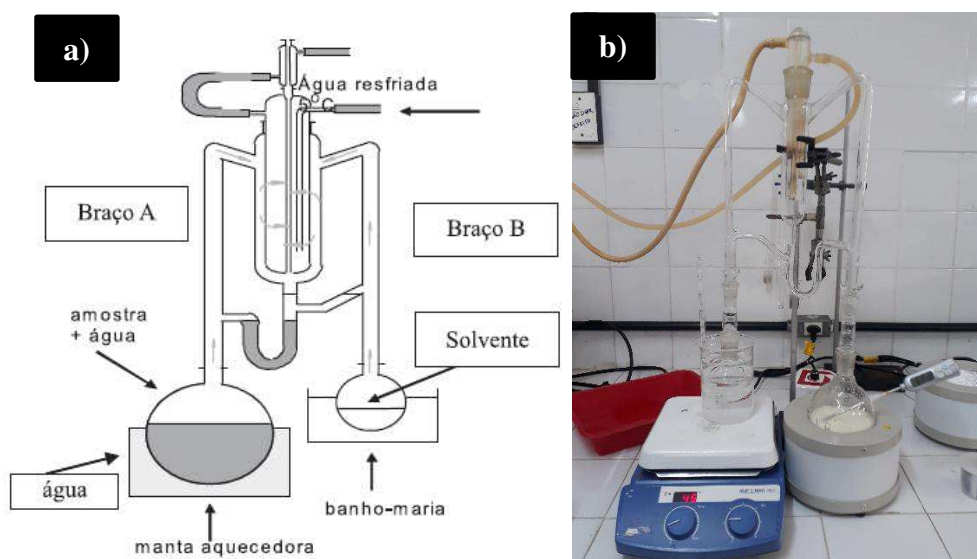


Figura 14 - Montagem do aparelho de Likens e Nickerson
 Fonte: Queiroga et al. (2005); Acervo fotográfico pessoal (2020).
 a) Esquema do aparelho; b) Aparelho utilizado

O balão contendo a amostra (200 mL), conectado ao braço A, foi aquecido por uma manta aquecedora a 55 °C. O balão contendo o solvente (20 mL de uma mistura pentano-éter etílico 2:1) em banho de água a 38 °C foi conectado ao braço B.

A extração teve seu início computado quando se observou a temperatura desejada atingida na amostra contida no braço A, permanecendo o processo de extração por 120 minutos. O balão contendo a amostra foi adaptado para inserção de um termômetro com a finalidade de confirmar a temperatura. O condensador foi mantido resfriado pela passagem de água gelada (± 2 °C) em circulação. Em seguida, o balão com o solvente, conectado ao braço B, foi resfriado por 10 minutos, em água gelada (± 2 °C). Os extratos foram transferidos para um frasco com sulfato de sódio anidro (1 g), e concentrados até 0,5 mL, sob arraste de gás nitrogênio. Os recipientes de vidro âmbar foram lacrados com parafilm, rotulados e estocados em freezer até as análises cromatográficas em CG-EM. Foi realizado um teste de especificidade, ou seja, análise de um branco do ensaio, com todos os solventes exceto a amostra.

4.7 Extração dos compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado

Uma vez selecionada a metodologia mais indicada, isto é, com maior número de voláteis capturados, no caso do estudo foi a Microextração em fase sólida manual (SPME-M), procedeu-se com as análises dos leites de cabra cru e pasteurizado. A extração seguiu a mesma metodologia descrita no item 4.6.3.

4.8 Identificação dos compostos voláteis do leite de cabra

A separação dos compostos foi realizada em Cromatógrafo a gás 7890B acoplado a um Espectrômetro de massas da Agilent Technologies 5977B (Little Falls, DE, USA). A coluna utilizada foi a VF-5MS (30m x 0,25mm x 0,25 μ m).

4.8.1 *Headspace* estático – HE

Temperatura inicial a 40 °C por 2 minutos, elevando a uma taxa de 15 °C/minuto até atingir 230 °C, permanecendo por 10 minutos. Tempo total da coleta 24,6 minutos.

4.8.2 Microextração em fase sólida automática – SPME-A (*Solid Phase Microextraction automated*)

A programação da temperatura do forno do cromatógrafo gasoso foi iniciada a 40 °C por 10 minutos até atingir 70 °C, 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.

4.8.3 Microextração em fase sólida manual – SPME-M (*Solid Phase Microextraction Manual*)

Seguiu a mesma programação da Microextração em fase sólida automática.

4.8.4 Destilação e Extração Simultânea - SDE (*Simultaneous Distillation and Extraction*)

A programação da temperatura do forno do cromatógrafo gasoso foi iniciada a 30 °C. Após 10 minutos da injeção da amostra a temperatura da coluna foi aumentada para 80 °C a uma razão de 5 °C/min, sendo mantida nesta temperatura por 5 minutos. Foi programado um novo aumento na temperatura da coluna utilizando-se uma razão de 5 °C/min, até a temperatura final de 220 °C, mantendo-se a coluna nesta temperatura por mais 10 minutos, com tempo total de corrida de 63 minutos. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C, o gás hélio foi utilizado como gás de arraste a uma vazão constante de 1,0 mL / minuto.

A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, tendo sido confirmada por comparação dos seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecida pelo equipamento NIST (*National Institute of Standards & Technology, E.U.A*), contendo aproximadamente um total de 150.000 espectros de referência, confirmando as fragmentações características das diferentes classes dos compostos identificados; bem como através dos seus índices de retenção com os de compostos conhecidos.

Uma solução padrão de n-alcenos homólogos (C8 – C30) da Sigma-Aldrich (Suíça), com pureza maior ou igual a 99,997% foi analisada antes das análises dos extratos de leite

caprino, objetivando verificar as condições analíticas dos equipamentos (CG-EM). Juntamente com a utilização dos tempos de retenção destes alcanos, padrões externos de referência foram utilizados no cálculo posterior do Índice de Retenção Linear (IRL) dos voláteis (JENNING; SHIBAMOTO, 1980; KONDOYAN; BERDAGUÉ, 1996). O IRL de cada composto foi calculado utilizando-se o tempo de retenção do padrão de alcanos e o tempo de retenção do pico a ser identificado, segundo a Equação 1. A identificação dos compostos voláteis foi considerada positiva quando o IRL do composto estiver dentro da faixa de ± 2 unidades do IRL do composto da literatura (JENNING; SHIBAMOTO, 1980; KONDOYAN; BERDAGUÉ, 1996), considerando-se, também, o fato de que os espectros de massa do composto em questão e do padrão deveriam apresentar 95% de semelhanças.

Equação 1. Cálculo do Índice de Retenção Linear

$$RI_{(i)} = 100 \frac{tR_{(i)} - tR_{(z)}}{tR_{(z+1)} - tR_{(z)}} + 100_z$$

onde: RI(i) é o índice relativo do composto i;

Z é o número de átomos de carbono do alcano z;

R(i) é o tempo de retenção do composto i;

R(z) é o tempo de retenção do alcano z;

R(z+1) é o tempo de retenção do alcano z+1

4.9 Análise sensorial

4.9.1 Caracterização dos julgadores e condições do teste

Quatro amostras de leite de cabra cru e pasteurizado foram avaliadas. Os testes foram realizados em cabines individuais sob luz branca. As amostras (30 mL) foram servidas refrigeradas (9 ± 2 °C), em béckers de 50 mL codificados com três dígitos. Em todas as provas, as quatro amostras de leite foram servidas simultaneamente, sendo apresentadas sob a forma crua e sob a forma pasteurizada e a ordem de apresentação foi aleatorizada para cada julgador. A apresentação das amostras de maneira simultânea permitiu a avaliação comparativa de todas.

O estudo contou com a colaboração de uma equipe de 10 participantes, número sugerido pela literatura (VARELA; ARES, 2012), que indica 10 a 12 avaliadores. Os provadores foram informados sobre os produtos e procedimentos dos testes. A equipe descritiva foi composta

apenas por pessoas do sexo feminino (100%), jovens (90% possuíam idade entre 25 e 35 anos; 10% com idade entre 36 e 44 anos) e com alto grau de escolaridade (100% com superior completo). A equipe era familiarizada com o produto e todos os avaliadores já haviam participado de testes sensoriais de aceitação, discriminativo e descritivo. Os participantes foram informados sobre os procedimentos do teste.

4.9.2 Protocolo do Perfil Flash

Antes do início do teste, foi dada uma explicação simplificada a cada provador sobre o método de Perfil Flash, descrevendo-se as etapas básicas do teste (Figura 15). Foi apresentado também um protocolo para ser utilizado durante o levantamento do atributo aroma e para as análises, com instruções para avaliação (analisando a amostra duas vezes).

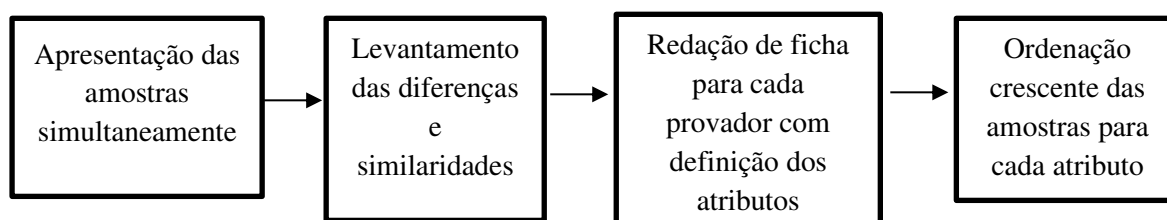


Figura 15 - Fluxograma da aplicação do Método Perfil Flash

Fonte: Terhaag e Benassi (2011).

Para levantamento do atributo, as amostras foram apresentadas simultaneamente, solicitando-se que os provadores anotassem as similaridades e diferenças em relação ao aroma do conjunto de leites de cabra cru e pasteurizado, sendo instruídos a evitar termos hedônicos. Após o levantamento, em entrevista individual, cada julgador foi assistido no desenvolvimento do vocabulário, registrando os atributos encontrados e descrevendo-os sucintamente. Dessa forma, foi montada uma ficha de avaliação das amostras e uma lista de definições dos atributos, específicas para cada provador. Após o desenvolvimento dessa ficha, as amostras foram novamente apresentadas e os julgadores ordenaram os produtos para cada termo descritivo em ordem crescente em relação à intensidade (TERHAAG; BENASSI, 2011), utilizando a ficha apresentada na Figura 16. Os provadores foram instruídos de que, se necessário, poderiam alterar a ficha durante o procedimento de ordenação, retirando ou incluindo atributos, ou mudando as definições no glossário. O tempo total da sessão variou entre os provadores, mas no geral foi de 30 a 50 min para cada provador.

TESTE DE PERFIL FLASH					
Nome: _____			Data: __/__/__		
Por favor, prove as amostras e ordene-as de forma crescente para cada atributo					
Atributo	Descrição do atributo	Ordenação crescente			

Figura 16 - Ficha genérica para avaliação pela técnica descritiva de Perfil Flash
 Fonte: Terhaag e Benassi (2011).

4.10 Análises estatísticas

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e de ácidos graxos foram expressos na forma da média ± DP (Desvio padrão). Os experimentos foram realizados em triplicata. Foi realizada ANOVA two way e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Para os resultados da Análise Sensorial foi realizada Análise Procrustes Generalizada. A análise dos dados foi executada no software XLSTAT© (versão 2014.5.02).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estudo preliminar: padronização de metodologia para extração de compostos voláteis em leite de cabra

Os voláteis do leite de cabra pasteurizado foram extraídos por quatro metodologias: *Headspace* estático - HE; Microextração em fase sólida automática – SPME-A (*Solid Phase Microextraction automated*); Microextração em fase sólida manual – SPME-M (*Solid Phase Microextraction manual*); e Destilação e Extração Simultânea - SDE (*Simultaneous Distillation and Extraction*), com a finalidade de averiguar qual método proporciona melhor capacidade de extração.

A quantidade de picos nos cromatogramas e de compostos extraídos variaram de acordo com o método de extração empregado, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de picos nos cromatogramas e de compostos identificados do leite de cabra pasteurizado extraídos por diferentes processos

Método de extração	Quantidade de picos no cromatograma	Quantidade de compostos extraídos	Quantidade de compostos identificados	Quantidade de compostos não identificados
<i>Headspace</i>	4-7	1	1	-
SPME-A	2-50	39	38	1
SPME-M	176-287	186	154	32
SDE	44-118	105	97	8

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

SPME-A: Microextração em fase sólida (*Solid Phase Microextraction*) automática; SPME-M: Microextração em fase sólida (*Solid Phase Microextraction*) manual; SDE: Destilação e Extração Simultânea (*Simultaneous Distillation and Extraction*).

Observou-se que o método de extração *Headspace* estático (HE) foi o que apresentou menores quantidades de picos e de compostos; enquanto os métodos SPME-M e SDE extraíram as maiores quantidades de compostos voláteis no leite de cabra pasteurizado.

A otimização das condições de extração de compostos voláteis em leite caprino *in natura* (cru) usando as técnicas SPME e SDE foram realizadas por Sant’Ana et al. (2017) e Queiroga et al. (2005), respectivamente. Entretanto, não se tem relatos sobre a otimização da técnica *Headspace* estático para o leite de cabra. Possivelmente, o aperfeiçoamento das condições analíticas, como: volume da amostra, tempo de extração, temperatura de extração, tipo de solvente e tempo de equilíbrio, favoreceu os resultados obtidos pelas técnicas SPME e

SDE, otimizadas em outros estudos. Além do fato do HE ser uma técnica de extração que não permite a determinação de compostos com elevados pontos de ebulição e apresenta baixa sensibilidade.

A quantidade de compostos voláteis extraídos pelas diferentes técnicas está descrita por classe química na Tabela 2.

Tabela 2 - Voláteis de leite de cabra pasteurizado, por classe química, extraídos por diferentes processos

Voláteis	Total por classe química	Headspace	SPME-A	SPME-M	SDE
Ácidos	10	-	-	10	-
Álcoois	14	-	-	11	3
Aldeídos	19	-	2	16	1
Aromáticos	32	-	1	13	18
Cetonas	5	1	1	3	-
Éteres	1	-	-	-	1
Ésteres	11	-	1	7	3
Fenonas	1	-	-	1	-
Furanos	7	-	-	7	-
Hidrocarbonetos	134	-	27	41	64
Lactonas	1	-	-	1	-
Sulfurados	1	-	-	1	-
Terpenos	42	-	6	35	1
Outros	12	-	-	8	4
Não identificados	41	-	1	32	10
TOTAL		1	39	186	105

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

SPME-A: Microextração em fase sólida (Solid Phase Microextraction) automática; SPME-M: Microextração em fase sólida (Solid Phase Microextraction) manual; SDE: Destilação e Extração Simultânea (Simultaneous Distillation and Extraction).

Foram extraídos 105 compostos voláteis de leite de cabra pasteurizado pela técnica SDE, destes 95 foram identificados, estando distribuídos nas seguintes classes: álcoois (3), aldeído (1), aromáticos (18), ésteres (3), éter (1), hidrocarbonetos (64), outros (4) e terpeno (1). Os compostos voláteis identificados no leite de cabra pasteurizado extraídos por Destilação e Extração Simultânea estão apresentados no Apêndice 1.

Queiroga (2004), extraíndo os voláteis de leite de cabra cru pela mesma técnica (SDE), identificou 136 compostos das seguintes classes: ácidos carboxílicos (14), alcanos cíclicos (3), álcoois (22), aldeídos (16), amida (1), aromáticos (9), cetonas (13), ésteres (40), éter (1), fenonas (1), furanos (1), hidrocarbonetos (15), lactonas (7), outros (3) e terpeno (1). Comparando-se os resultados, observa-se que apenas 14 compostos voláteis foram identificados em ambos estudos, sendo: 1 álcool, 8 aromáticos, 2 ésteres e 3 hidrocarbonetos.

Estes resultados diferem de outras pesquisas que também extraíram os voláteis do leite de cabra cru por SDE. Queiroga et al. (2005) identificaram 128 compostos das seguintes classes: ácidos carboxílicos (12), alcanos cíclicos (3), álcoois (18), aldeídos (15), amida (1), aromáticos (7), cetonas (09), ésteres (35), éter (1), fenonas (1), furanos (1), hidrocarbonetos (14), lactonas (7), outros (3) e terpeno (1). Em comparação com os resultados desta pesquisa, apenas dois compostos foram identificados em comum, sendo 1 álcool e 1 éster.

Comparando os resultados deste estudo com os obtidos por Queiroga et al. (2019) que identificaram 91 compostos pertencentes às classes de ésteres (29), aldeídos (12), álcoois (13), terpenos (11), ácidos graxos (8), cetonas (6), aromáticos (5), lactonas (5) e compostos sulfurados (2) no leite de cabra cru, apenas oito compostos foram identificados em comum – 1 álcool, 5 aromáticos e 2 ésteres.

Ainda em relação à extração de voláteis por SDE, foi observado que as pesquisas realizadas com leite de cabra cru (QUEIROGA, 2004; QUEIROGA et al., 2005; QUEIROGA et al., 2019) identificaram hidrocarbonetos de cadeia longa, o que difere deste estudo, do qual foram extraídos apenas hidrocarbonetos de cadeia curta no leite de cabra pasteurizado, como demonstrado no Apêndice 1. Este fato pode ser justificado pela temperatura utilizada no processo de pasteurização do leite.

Comparando os métodos, não foram identificados ácidos carboxílicos, cetonas, fenonas, furanos, lactonas e compostos sulfurados pelo método SDE, apenas no SPME-M. Enquanto a classe éter só foi extraída no SDE. A classe química com maior número de compostos nos dois métodos foi a de hidrocarbonetos, com uma diferença: pelo SDE só foram extraídos hidrocarbonetos de cadeia curta; e pelo SPME-M, dos 41 hidrocarbonetos identificados, 23 eram de cadeia longa e 18 de cadeia curta.

Em relação aos terpenos, foi a segunda classe com maior número (35) de compostos identificados pelo SPME-M, no entanto, só foi extraído 1 terpeno pelo SDE. Possivelmente, o uso da temperatura um pouco mais elevada nesse método (55 °C), comparando com a do SPME-M (45 °C), contribuiu para esse resultado, uma vez que os terpenos são bastante voláteis. O mesmo pode ter ocorrido com os aldeídos, que foram identificados em uma quantidade superior (16) por SPME-M ao número identificado por SDE (1).

Um fator importante é que nenhum ácido foi extraído pelo método SDE, enquanto 10 foram identificados pelo SPME-M, dentre eles os ácidos octanóico e o decanóico, de grande importância na contribuição do aroma do leite caprino.

No geral, foram identificados pelo método SPME-M compostos com tempo de retenção maiores, enquanto no SDE foram extraídos compostos com tempo de retenção mais curtos. Este resultado difere do esperado, uma vez que, em geral, o SDE extrai mais compostos de alto peso molecular, perdendo os compostos com baixo peso.

5.2 Qualidade físico-química de leite de cabra cru e pasteurizado

Os resultados obtidos para os parâmetros (proteínas, cinzas, teor de água, lipídios, lactose e pH) de leite de cabra cru e pasteurizado, coletados em quatro usinas de beneficiamento localizadas no Cariri Ocidental Paraibano, estão descritos na Tabela 3.

A composição físico-química do leite de cabra varia em função de múltiplos fatores, entre os quais se destacam a raça, o período de lactação, a estação do ano, a idade do animal, a quantidade de leite produzida, a fisiologia do animal e a forma de processamento (GOETSCH et al., 2011; TRONCO, 2010). Neste contexto, o processo de pasteurização reduziu os valores de teor de água e pH e aumentou os resultados de lipídios e lactose na maioria das amostras.

Confrontando os resultados do leite de cabra cru e do leite de cabra pasteurizado por local de coleta, para cada parâmetro avaliado, temos: todos os resultados do local A aumentaram após a pasteurização; no local B aumentaram os valores de proteínas, teor de água e lipídios; no local C, apenas o teor de cinzas aumentou; e no local D, aumentaram os valores de lipídios e lactose.

Analisando os resultados, o único parâmetro que não apresentou diferença ($P > 0,05$) com relação ao local de coleta foi a lactose, enquanto os resultados obtidos para proteínas e cinzas não diferiram em relação ao processo térmico do leite. Observando a interação das variáveis (processamento e local), constata-se que os parâmetros cinzas, teor de água e lipídios não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano

Variável	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Valor P		
	A	B	C	D	A	B	C	D	Local	Processamento	Interação
Proteínas	2,45±0,18 ^{bc}	2,27±0,30 ^c	3,74±0,10 ^a	3,56±0,40 ^a	2,46±0,64 ^{bc}	2,94±0,18 ^{abc}	3,20±0,33 ^{ab}	3,15±0,00 ^{abc}	< 0,0001	0,6022	0,0233
Cinzas	0,40±0,00 ^b	0,53±0,13 ^{ab}	0,49±0,05 ^{ab}	0,43±0,03 ^{ab}	0,53±0,04 ^{ab}	0,49±0,10 ^{ab}	0,66±0,14 ^a	0,38±0,04 ^b	0,0178	0,1316	0,0505
Teor de água	90,34±0,22 ^a	89,18±0,57 ^{ab}	89,52±1,23 ^a	88,73±0,25 ^{ab}	89,36±0,50 ^{ab}	89,50±0,34 ^a	88,59±0,06 ^{ab}	87,64±0,96 ^b	0,0027	0,0201	0,2187
Lipídios	3,20±0,17 ^c	3,37±0,06 ^{abc}	3,27±0,23 ^{bc}	3,43±0,06 ^{abc}	3,53±0,12 ^{ab}	3,40±0,00 ^{abc}	3,23±0,06 ^{bc}	3,60±0,00 ^a	0,0095	0,0174	0,0644
Lactose	3,55±0,03 ^c	3,74±0,22 ^{abc}	3,79±0,06 ^{abc}	3,72±0,09 ^{abc}	3,88±0,11 ^{ab}	3,69±0,12 ^{bc}	3,88±0,00 ^{ab}	4,04±0,14 ^a	0,0539	0,0023	0,0266
pH	6,59±0,06 ^{bc}	7,65±0,00 ^a	6,56±0,03 ^{bc}	6,51±0,03 ^c	6,60±0,05 ^{bc}	6,63±0,02 ^b	6,57±0,07 ^{bc}	6,50±0,02 ^c	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Fonte: Elaborada pela autora.

^{abc} letras diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si (Tukey $p < 0,05$). * Valores médios (média ± desvio-padrão) de três repetições, expressos em g/100g.

**A, B, C, D: locais da coleta de leite.

No Brasil os requisitos mínimos de qualidade do leite de cabra, segundo a Instrução Normativa N° 37 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000), são os seguintes: proteína total mínima de 2,80%; lactose mínima 4,30%; 8,20% de extrato seco desengordurado; 0,70% de cinzas; acidez (% de ácido láctico) de 0,13% a 0,18%; densidade a 15°C de 1,028 g/mL a 1,034 g/mL; índice crioscópico (ponto de congelamento) de -0,550°H a -0,585°H; e pH em torno de 6,45. O teor mínimo de gordura não é fixado, sendo admitidos valores inferiores a 2,90%, mediante comprovação de que o teor médio de gordura de um determinado rebanho não atinge esse nível.

Verificou-se que o teor de proteínas estava abaixo do preconizado pela legislação para o leite de cabra cru nos locais de coleta A e B; e para o leite de cabra pasteurizado no local A. Todas as amostras de leite de cabra cru e de leite de cabra pasteurizado apresentaram valores menores do que os padrões estabelecidos pela legislação vigente para cinzas e para lactose.

Os tratamentos térmicos podem provocar nas proteínas alterações nas cadeias laterais dos aminoácidos, hidrólise das ligações peptídicas e mudanças estruturais. As caseínas são muito estáveis termicamente, entretanto, as proteínas do soro se desnaturam pela ação do calor (PEREDA et al., 2007). O processo térmico de pasteurização reduziu os teores de proteínas em dois locais de coleta (C e D).

O fornecimento de uma dieta equilibrada em carboidratos e proteína, gerando um crescimento ideal dos microrganismos presentes no rúmen do animal, favorece a produção de aminoácidos por estes microrganismos, os quais são componentes fundamentais da proteína presente na glândula mamária do animal. Esse resultado pode ser alcançado, por exemplo, fornecendo aos animais quantidades equilibradas de milho moído (carboidrato) e farelo de soja (proteína) (OLIVEIRA et al., 2013).

Os animais desta pesquisa dos locais C e D eram alimentados com suplementação de fontes de carboidrato (milho) e proteína (soja), o que possivelmente pode justificar a maior quantidade de proteína resultante no leite desses locais. Enquanto os locais (A e B) que não adicionavam esta suplementação na dieta dos animais, apresentaram níveis de proteínas abaixo do recomendado pela legislação.

Fernandes et al. (2008), estudando as características físico-químicas do leite de cabras alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol, obtiveram resultados de 3,3%, semelhantes ao teor médio de proteína encontrado nesta pesquisa.

Em relação ao teor de cinzas, os valores obtidos nesta pesquisa variaram de 0,40% (A) a 0,53% (B) no leite de cabra cru, e de 0,38% (D) a 0,66% (C) no leite pasteurizado. As cinzas não representam de fato os sais do leite, pois os sais orgânicos são destruídos pela combustão. Os sais do leite consistem principalmente de cloretos, fosfatos, citratos, bem como de bicarbonatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio. Assim, tanto os sais orgânicos como os inorgânicos estão presentes no leite, não devendo ser confundidos com a quantidade de cinzas, a qual representa os óxidos dos minerais que resultam da combustão (DAMODARAN et al., 2010). O tratamento térmico do leite de cabra (pasteurização) no local C foi o único que teve uma quantidade significativamente maior de cinzas quando comparada com o Local A, onde o leite não foi pasteurizado. No restante dos tratamentos, quando se compara os quantitativos de cinzas entre os diferentes tratamentos, não existe diferença significativa entre eles.

A quantidade de cinzas no leite de cabra pode variar de 0,70 a 0,85%, onde o cálcio e fósforo encontram-se ligados à caseína na forma de um complexo denominado de fosfocaseinato de cálcio, sendo o leite caprino mais rico em cálcio e fósforo, quando comparado ao leite de vaca (SILANIKOVE et al., 2010). O cálcio transformado em fosfato de cálcio terciário não é completamente oriundo do soro, pois o aquecimento também causa dissociação do cálcio ligado às proteínas. Desse modo, a pasteurização afeta a distribuição do tamanho das micelas, levando ao aumento da abundância tanto de grandes como de pequenas micelas ((DAMODARAN et al., 2010).

O teor de água variou de 88,73% (D) a 90,34% (A) no leite de cabra cru. Após a pasteurização os valores variaram de 87,64% (D) a 89,50% (B), apresentando uma redução significativa em algumas comparações, e, em outras, essas reduções não são significativas. O leite pasteurizado é um leite concentrado do qual se elimina uma parte da água, mediante evaporação a pressões menores que a atmosférica, para diminuir o ponto de ebulição do leite durante o processo e minimizar mudanças químicas indesejadas (PEREDA et al., 2007).

No que se refere à lactose, os resultados obtidos variaram de 3,55% (A) a 3,79% (C) no leite de cabra cru e 3,69% (B) a 4,04% (D) no leite de cabra pasteurizado, estando abaixo do recomendado pela legislação vigente. Isto pode ser justificado pelo fato dos animais desta pesquisa estarem na 4ª semana de lactação, uma vez que, quanto mais o animal avança no seu período de lactação, mais haverá uma tendência de diminuição na quantidade de leite produzido e consequentemente menor teor de lactose (COSTA et al., 2009). Brasil et al. (2000), pesquisando o leite de cabras na 5ª semana de lactação também encontraram uma redução na porcentagem de lactose.

Durante o tratamento térmico do leite ocorre a decomposição da lactose, dando lugar a compostos ácidos (ácidos acético, levúlico, fórmico, pirúvico), hidroximetil furfural, aldeídos, álcoois e redutonas. Um composto que aparece no leite tratado pelo calor é a lactulose (galactose + frutose), que pode ser utilizada como indicador de aquecimento do leite (PEREDA et al., 2007). Além disso, a reação do grupo aldeído da lactose com o grupo ϵ -amino da lisina (início das reações de *Maillard*) ocorre mesmo em situação de tratamento térmico muito leve (DAMODARAN et al., 2010).

A fração lipídica do leite caprino se reflete no rendimento e firmeza de seus derivados, bem como na coloração, sabor e odor característicos dos produtos caprinos e nas características benéficas ao organismo humano (CATUNDA et al., 2016). Os valores encontrados para lipídios no leite de cabra cru variaram de 3,20% (A) a 3,43% (D); enquanto no leite de cabra pasteurizado os resultados variaram de 3,23% (C) a 3,60% (D), aumentando após o tratamento térmico da pasteurização.

Os resultados deste estudo diferem dos apresentados por Coelho et al. (2018) para leite de cabra produzido em Petrolina-PE, que encontraram teores menores de gordura (2,79%) e justificaram que as porcentagens de lipídios abaixo do estabelecido pela legislação podem ter sido influenciadas pela maior produção de leite no início da lactação, uma vez que o conteúdo de gordura é inversamente proporcional à quantidade de leite produzido (VENTURINI et al., 2007). Neste estudo, as cabras se encontravam em um período mais tardio de lactação (4ª semana).

Moraes (2017), pesquisando o leite caprino nos estados de Pernambuco e Paraíba, encontrou uma média de teor de gordura de 3,94%, maior do que os valores obtidos nesta pesquisa. Santos et al. (2019), avaliando a qualidade do leite de cabra em Monteiro-PB, também encontraram valores maiores de gordura (3,57%).

Os valores de pH obtidos nesta pesquisa variaram de 6,51 (D) a 7,65 (B) no leite de cabra cru e de 6,50 (D) a 6,63 (B) no leite de cabra pasteurizado. Estes resultados estão de acordo com o preconizado pela legislação vigente e como previsto pela literatura que relata que o pH do leite diminui pela ação do tratamento térmico (MARTINS et al., 2008). Isto acontece porque a pasteurização aumenta irreversivelmente a quantidade de fosfato de cálcio coloidal, em detrimento tanto dos cálcios solúvel e ionizado, como do fosfato solúvel. Por esta razão, o pH também diminui, o que se deve a liberação de prótons dos fosfatos primário e secundário (DAMODARAN et al., 2010).

Santos et al. (2019), pesquisando leite de cabra coletados na mesma região que este estudo, encontraram valores menores de pH (6,40) para o leite de cabra cru.

A acidez Dornic (°D) encontrada foi de 16° D para todas as amostras de leite de cabra cru e 15° D para todas as amostras de leite pasteurizado, estando dentro do limite previsto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (15 a 18 °D). Os resultados de densidade variaram entre 1,028 a 1,029 para as amostras de leite de cabra cru e pasteurizado, estando dentro dos padrões estabelecidos de 1,0280-1,0340 (BRASIL, 2000).

O leite de cabra apresenta densidade mais elevada do que o leite de vaca, podendo atingir 1034 g/L e o teor de acidez apresenta-se ligeiramente inferior, variando entre 0,11 e 0,18 °D (PEREIRA et al., 2005). A densidade é a massa específica do leite e seu resultado depende do teor de partículas em solução e da porcentagem de gordura. Neste sentido, esta análise pode detectar adulterações do leite, já que a adição de água causa diminuição da densidade e a retirada de gordura resulta em aumento da densidade (SILVA et al., 2011). Já a acidez pode ser utilizada como indicador do estado de conservação do leite em função da relação entre disponibilidade de lactose e produção de ácido láctico por ação microbiana, acarretando um aumento na acidez e uma diminuição no teor de lactose.

A FIL (Federação Internacional de Leiteria) propôs que se determinasse a inativação da peroxidase, enzima que, assim como a fosfatase alcalina, encontra-se naturalmente presente no leite cru. Desta forma, o leite pasteurizado deve ter fosfatase alcalina negativa e lactoperoxidase positiva – já que esta enzima é mais termorresistente que a fosfatase alcalina e a sua não-desativação durante a pasteurização indica que não foram ultrapassadas as condições estabelecidas para o tratamento –, assegurando-se, assim, boa retenção de nutrientes e modificação mínima das propriedades físico-químicas e sensoriais (OETTERER et al., 2006).

Os resultados obtidos nesta pesquisa estão dentro dos requerimentos exigidos para todas as amostras de leite de cabra pasteurizado, sendo a prova de fosfatase alcalina negativa e a de peroxidase positiva (BRASIL, 2018).

5.3 Perfil de ácidos graxos de leite de cabra cru e pasteurizado

O perfil dos ácidos graxos de leite de cabra cru e pasteurizado está listado na Tabela 4.

No leite de cabra cru foram identificados 29 ácidos graxos, dos quais 15 foram saturados, 8 monoinsaturados e 6 polinsaturados. Enquanto no leite de cabra pasteurizado foram

identificados 28 ácidos graxos, dos quais 16 foram saturados, 6 monoinsaturados e 6 polinsaturados.

Em todas as amostras de leite de cabra cru e de leite de cabra pasteurizado foi observada a predominância dos ácidos graxos saturados, seguidos dos monoinsaturados. A predominância dos ácidos graxos de cadeia longa, seguidos dos de cadeia média também foi constatada.

Cabe elucidar que no leite de cabra existe uma maior quantidade de ácidos graxos saturados, isto significa que essas gorduras quando isoladas existirá uma solidificação das mesmas, já que os ácidos graxos saturados têm seus átomos de carbono ligados entre si apenas através de ligações simples e conferem a estas substâncias uma consistência sólida das gorduras em temperatura ambiente. Isto é importante na produção de manteiga proveniente do leite de cabra. Contudo é importante observar que os ácidos graxos insaturados no leite de cabra tendem a aumentar com o processo de pasteurização. Na Tabela 4 constata-se que o menor quantitativo de ácidos graxos insaturados (AGM - ácidos graxos monoinsaturados + AGPI: ácidos graxos polinsaturados) é de 29,5% e ocorre na Usina A. Nesta mesma Usina, quando o leite de cabra foi pasteurizado, o valor dos ácidos graxos insaturados subiu para 38%, podendo alterar a consistência se o destino do leite de cabra for de fazer manteiga.

Tabela 4 - Perfil de ácidos graxos do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano (continua)

	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Valor P		
	A	B	C	D	A	B	C	D	Local	Processamento	Interação
C4:0	1,14±0,18 ^{ab}	1,27±0,28 ^{ab}	1,42±0,27 ^a	1,09±0,17 ^{ab}	0,78±0,20 ^b	1,53±0,81 ^{aa}	0,99±0,22 ^{ab}	0,92±0,25 ^b	0,0079	0,0131	0,0434
C6:0	1,47±0,17 ^{bcd}	1,97±0,36 ^{ab}	2,12±0,08 ^a	1,54±0,06 ^{abcd}	1,03±0,32 ^d	1,93±1,02 ^{abc}	1,26±0,14 ^d	1,29±0,31 ^{cd}	<0,0001	<0,0001	0,0227
C8:0	1,58±0,16 ^{cd}	2,54±0,41 ^{ab}	2,84±0,14 ^a	1,95±0,20 ^{bcd}	1,33±0,37 ^d	2,25±1,14 ^{abc}	1,69±0,15 ^{cd}	1,85±0,29 ^{cd}	<0,0001	<0,0001	0,0013
C10:0	5,23±0,45 ^d	9,08±1,33 ^{ab}	10,19±0,64 ^a	7,05±0,87 ^{cd}	5,36±0,92 ^d	7,92±2,49 ^{bc}	6,47±0,70 ^{cd}	7,12±0,67 ^c	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C11:0	0,25±0,02 ^{ab}	0,26±0,02 ^{zfd5ab}	0,33±0,01 ^a	0,24±0,02 ^b	0,18±0,04 ^b	0,27±0,12 ^{ab}	0,19±0,04 ^b	0,21±0,05 ^b	0,0429	<0,0001	0,0016
C12:0	2,97±0,09 ^{cd}	3,53±0,42 ^b	4,09±0,47 ^a	3,16±0,07 ^{bcd}	2,71±0,19 ^d	3,43±0,34 ^{bc}	2,90±0,18 ^d	3,01±0,19 ^{cd}	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C13:0	0,16±0,02 ^{ab}	0,14±0,03 ^{ab}	0,16±0,01 ^a	0,15±0,01 ^{ab}	0,11±0,03 ^b	0,14±0,02 ^{ab}	0,13±0,04 ^{ab}	0,14±0,02 ^{ab}	0,7158	0,0039	0,1103
C14:0	9,48±0,15 ^{ab}	9,14±0,81 ^{bc}	9,92±0,11 ^a	9,07±0,33 ^{bc}	8,09±0,33 ^d	8,91±0,45 ^{bc}	8,84±0,25 ^c	8,09±0,39 ^d	<0,0001	<0,0001	0,0091
C14:1	0,48±0,03 ^a	0,38±0,03 ^{abc}	0,42±0,04 ^{ab}	0,45±0,02 ^{ab}	0,29±0,15 ^c	0,41±0,01 ^{abc}	0,35±0,09 ^{bc}	0,38±0,04 ^{abc}	0,5788	<0,0001	0,0070
C15:0	1,29±0,08 ^a	1,06±0,07 ^{bcd}	1,08±0,05 ^{bc}	1,18±0,06 ^{ab}	0,93±0,02 ^{de}	1,00±0,13 ^{cde}	1,02±0,11 ^{cde}	0,92±0,08 ^e	0,0268	<0,0001	<0,0001
C15:1	0,34±0,03 ^a	0,28±0,02 ^a	0,27±0,04 ^{ab}	0,34±0,02 ^a	0,20±0,08 ^{bc}	0,18±0,03 ^c	0,19±0,05 ^c	0,15±0,04 ^c	0,0239	<0,0001	0,0065
C16:0	32,65±1,25 ^a	30,70±0,71 ^{ab}	29,15±0,71 ^{bc}	29,04±1,67 ^{bc}	25,20±1,63 ^d	25,91±3,06 ^d	27,08±0,60 ^{cd}	25,73±1,34 ^d	0,0010	<0,0001	<0,0001
C16:1	0,76±0,25 ^{ab}	0,87±0,07 ^a	0,63±0,19 ^{abcd}	0,67±0,07 ^{abc}	0,39±0,24 ^{cde}	0,27±0,09 ^e	0,35±0,17 ^{de}	0,54±0,12 ^{bcdde}	0,0248	<0,0001	0,0128
C17:0	1,02±0,05 ^a	0,86±0,04 ^{bc}	0,80±0,05 ^{cd}	0,94±0,05 ^{ab}	0,74±0,05 ^d	0,81±0,11 ^{cd}	0,85±0,08 ^{bc}	0,83±0,05 ^{cd}	0,1854	<0,0001	<0,0001
C17:1	0,36±0,06 ^b	0,29±0,03 ^b	0,27±0,04 ^b	0,36±0,04 ^b	0,50±0,31 ^b	0,29±0,27 ^b	0,51±0,36 ^b	0,89±0,27 ^a	0,0010	0,0004	0,0534
C18:0	11,91±0,35 ^{bcd}	10,92±1,15 ^{cd}	10,42±0,70 ^d	12,27±0,37 ^{bc}	11,60±1,06 ^{bcd}	10,92±1,51 ^{cd}	13,85±0,43 ^a	12,93±0,90 ^{ab}	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C18:1n9t	2,04±0,23 ^{cd}	3,44±0,35 ^a	1,40±0,22 ^d	2,42±0,24 ^c	3,06±0,48 ^{ab}	1,59±0,40 ^d	1,64±0,39 ^d	2,50±0,37 ^{bc}	<0,0001	0,9577	<0,0001
C18:1n9c	19,26±0,72 ^{abc}	16,57±1,51 ^d	18,22±1,52 ^{bcd}	21,05±1,02 ^a	17,35±1,61 ^{cd}	18,11±1,94 ^{bcd}	20,58±0,48 ^a	19,59±1,17 ^{ab}	<0,0001	0,6630	<0,0001
C18:2n6t	0,14±0,04 ^{ab}	0,17±0,06 ^a	0,11±0,05 ^{ab}	0,16±0,03 ^a	0,05±0,07 ^b	0,14±0,07 ^{ab}	n.i.	0,15±0,07 ^a	<0,0001	0,0001	0,0552
C18:2n6c	2,41±0,17 ^{bc}	2,90±0,42 ^a	1,98±0,40 ^{cd}	2,67±0,07 ^{ab}	2,16±0,17 ^{cd}	1,93±0,08 ^d	1,94±0,10 ^d	2,07±0,33 ^{cd}	<0,0001	<0,0001	0,0003
C20:0	0,34±0,16 ^a	0,22±0,07 ^{ab}	0,34±0,17 ^a	0,28±0,05 ^{ab}	0,27±0,14 ^{ab}	0,10±0,06 ^b	0,23±0,07 ^{ab}	0,26±0,03 ^{ab}	0,0279	0,0104	0,5052
C18:3n6c	0,43±0,05 ^a	0,24±0,01 ^b	0,26±0,06 ^b	0,28±0,09 ^b	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	<0,0001	n.a.	n.a.
C20:1n11c	0,66±0,06 ^b	0,84±0,09 ^a	0,48±0,07 ^c	0,73±0,03 ^b	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	<0,0001	n.a.	n.a.
C18:3n9c	0,08±0,03 ^c	0,05±0,03 ^c	0,04±0,02 ^c	0,08±0,02 ^c	0,65±0,09 ^{ab}	0,72±0,01 ^a	0,72±0,08 ^a	0,59±0,09 ^b	<0,0001	<0,0001	0,0032
C21:0	0,09±0,06 ^d	0,08±0,01 ^d	0,06±0,01 ^d	0,11±0,04 ^d	1,01±0,16 ^a	0,46±0,46 ^c	0,68±0,10 ^{bc}	0,83±0,08 ^{ab}	<0,0001	<0,0001	0,0010
C22:0	0,87±0,48 ^{bc}	0,45±0,06 ^c	0,63±0,30 ^c	0,60±0,15 ^c	2,30±0,95 ^a	1,70±0,21 ^{ab}	1,02±0,43 ^{bc}	1,51±0,22 ^b	0,0006	<0,0001	0,0147
C23:0	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	0,31±0,10 ^a	0,20±0,03 ^b	0,21±0,03 ^b	0,26±0,05 ^{ab}	0,0060	n.a.	n.a.
C22:1n9	n.i.	0,18±0,01 ^b	0,20±0,02 ^b	0,24±0,03 ^a	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	<0,0001	n.a.	n.a.
C20:4	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	0,02±0,03	n.i.	n.a.	n.a.	n.a.
C20:5	1,97±0,88 ^{cd}	1,19±0,07 ^d	1,65±0,88 ^d	1,31±0,69 ^d	9,74±4,10 ^a	6,67±1,88 ^{ab}	4,26±1,20 ^{bc}	4,55±0,76 ^{bc}	0,0004	<0,0001	0,0006
C22:6	0,61±0,27 ^c	0,37±0,05 ^c	0,52±0,23 ^c	0,59±0,12 ^c	3,58±2,37 ^a	2,17±1,69 ^{abc}	2,03±0,51 ^{bc}	2,40±0,66 ^{ab}	0,1091	<0,0001	0,2385

Tabela 4 - Perfil de ácidos graxos do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano (continuação)

	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Valor P		
	A	B	C	D	A	B	C	D	Local	Processamento	Interação
AGS	70,46±0,92 ^{ab}	72,22±2,42 ^a	73,56±0,67 ^a	68,75±0,94 ^{bc}	62,03±3,82 ^d	67,51±1,99 ^{bc}	67,41±1,16 ^c	65,91±0,70 ^c	<0,0001	<0,0001	0,0012
AGMI	23,90±0,78 ^{abc}	22,21±2,24 ^{bc}	21,89±1,64 ^{bc}	26,26±1,17 ^a	21,79±2,26 ^{bc}	20,85±2,62 ^c	23,62±1,13 ^{bc}	24,05±1,43 ^{ab}	<0,0001	0,0701	0,0047
AGPI	5,64±1,05 ^{cd}	4,92±0,56 ^d	4,55±1,08 ^d	5,06±0,76 ^d	16,19±5,86 ^a	11,64±2,48 ^{ab}	8,97±1,69 ^{bc}	9,77±1,53 ^b	0,0013	<0,0001	0,0050
AGCC	1,14±0,18 ^{ab}	1,27±0,28 ^{ab}	1,42±0,27 ^a	1,09±0,17 ^{ab}	0,78±0,20 ^b	1,53±0,81 ^a	0,99±0,22 ^{ab}	0,92±0,25 ^b	0,0079	0,0131	0,0434
AGCM	11,51±0,8 ^{4d}	17,38±2,55 ^{ab}	19,57±1,29 ^a	13,94±1,15 ^{bcd}	10,61±1,73 ^d	15,81±5,08 ^{abc}	12,52±0,98 ^{cd}	13,50±1,38 ^{cd}	<0,0001	<0,0001	<0,0001
AGCL	87,35±0,97 ^a	81,35±2,81 ^{cd}	79,01±1,32 ^d	84,97±1,12 ^{abc}	88,61±1,89 ^a	82,67±5,87 ^{bcd}	86,49±0,89 ^{ab}	85,32±1,53 ^{ab}	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CLA	2,55±0,20 ^{bc}	3,07±0,46 ^a	2,09±0,44 ^{cd}	2,81±0,08 ^{ab}	2,21±0,23 ^{cd}	2,08±0,10 ^{cd}	1,94±0,10 ^d	2,22±0,33 ^{cd}	<0,0001	<0,0001	0,0035
AGMI/AGS	0,34±0,01 ^{abc}	0,31±0,04 ^{bc}	0,30±0,02 ^c	0,38±0,02 ^a	0,35±0,02 ^{ab}	0,31±0,04 ^{bc}	0,35±0,02 ^{ab}	0,37±0,02 ^a	<0,0001	0,0458	0,0026
AGPI/AGS	0,08±0,02 ^{cde}	0,07±0,01 ^{de}	0,06±0,01 ^e	0,07±0,01 ^{de}	0,27±0,11 ^a	0,17±0,04 ^b	0,13±0,03 ^{bcd}	0,15±0,02 ^{bc}	0,0008	<0,0001	0,0032
AGD	41,44±1,14 ^{de}	38,05±3,56 ^{ef}	36,86±1,16 ^f	43,59±1,09 ^{bd}	49,57±2,83 ^a	43,41±2,86 ^{bd}	46,43±1,17 ^{bc}	46,76±1,28 ^{ab}	<0,0001	<0,0001	0,0002
h/H	0,59±0,04 ^c	0,60±0,07 ^c	0,58±0,03 ^c	0,71±0,06 ^b	0,81±0,08 ^{ab}	0,71±0,07 ^b	0,75±0,03 ^{ab}	0,81±0,04 ^a	<0,0001	<0,0001	0,0150
IA	1,53±0,07 ^{ab}	1,57±0,24 ^a	1,67±0,13 ^a	1,30±0,11 ^{cd}	1,35±0,09 ^{bcd}	1,51±0,08 ^{abc}	1,35±0,07 ^{bcd}	1,25±0,08 ^d	<0,0001	<0,0001	0,0085
IT	2,12±0,11 ^{ab}	2,17±0,11 ^a	2,17±0,14 ^a	1,84±0,12 ^c	1,85±0,10 ^c	1,92±0,05 ^{bc}	1,89±0,06 ^c	1,78±0,06 ^c	<0,0001	<0,0001	0,0162
ω6/ω3	5,11±0,51 ^{cd}	11,05±2,59 ^a	7,19±2,09 ^{bc}	8,32±1,70 ^b	3,45±0,55 ^{de}	2,87±0,13 ^{de}	2,72±0,19 ^e	3,92±1,23 ^{de}	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

^{abc} letras diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si (p < 0,05). *n.i.: não identificado; n.a.: não aplicável. ** Valores médios (média ± desvio-padrão) de três repetições, expressos em percentual de área (%).

**A, M, P, S locais da coleta de leite

C4:0 Ácido butírico; C6:0 Ácido caproico; C8:0 Ácido caprílico; C10:0 Ácido capríco; C11:0 Ácido hendecanóico; C12:0 Ácido laurico; C13:0 Ácido tridecanóico; C14:0 Ácido Mirístico; C14:1 (ω5) Ácido Miristoléico; C15:0 Ácido pentadecílico; C15:1 Ácido Cis-10-pentadecenoico; C16:0 = Ácido Palmítico; C16:1 Ácido Palmitoléico; C17:0 Ácido margárico; C17:1 Ácido Heptadecenoico; C18:0 = Ácido Esteárico; C18:1n9t Ácido Elaídico; C18:1n9c (ω 9) Ácido Oléico; C18:2n6c Ácido Linoléico; C18:2n6t ácido Linolelaídico; C18:3n6c ácido γ -linolênico; C18:3n9c ácido α-linolênico; C20:0 Ácido araquídico; C20:1n11c Ácido gadoleico; C20:4 ácido Araquidônico; C20:5 ácido Timnodônico ; C22:6 ácido Cervônico; C21:0 ácido Henecosanóico; C22:0 Acido behênico; C22:1n9 ácido Erúico; C23:0 ácido tricosanóico

AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; AGPI: ácidos graxos polinsaturados; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; AGCM: ácidos graxos de cadeia média; AGCL: ácidos graxos de cadeia longa; CLA: ácidos linoléicos conjugados; AGMI/AGS: ácidos graxos monoinsaturados/ ácidos graxos saturados; AGPI/AGS: ácidos graxos polinsaturados/ ácidos graxos saturados; AGD: ácidos graxos desejáveis (AGMI + AGPI + C18:0); h/H: razão de ácidos graxos hipocolesterolêmicos (h)/ácidos graxos hipercolesterolêmicos (H) = (C18:1cis9 + C18:2ω-6 + C20:4ω-6 + C18:3ω-3 + C22:6ω-3)/(C14:0 + C16:0); IA: índice de aterogenicidade = [(C12:0 + (4 x C14:0) + C16:0)]/ ω-6 + ω-3 + AGMI + C18:1; IT: índice de trombogenicidade = (C14 + C16 + C18)/(0,5 x (C18:1 + AGMI + ω-6) + (3 x ω-3) + (ω-3/ ω-6)); ω6/ω3: proporção de ácidos graxos ω-3/ ω-6

Na Tabela 4, observa-se que no leite de cabra cru destacaram-se os seguintes ácidos graxos saturados: cáprico (C10:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), com os maiores valores expressos em percentual de área (%) de 10,19% (local C); 9,48% (local A); 32,65% (local A) e 12,27% (local D), respectivamente. Nos monoinsaturados, o maior percentual foi do ácido oléico (C18:1n9c), com 21,05% (local D); enquanto nos polinsaturados, registrou-se o ácido linoléico (C18:2n6c), com valor de 2,90% (local B).

Os ácidos graxos saturados identificados em maior quantidade no leite de cabra pasteurizado foram os mesmos encontrados no leite de cabra cru: cáprico (C10:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), com os maiores valores expressos em área percentual (%) de 7,92% (local B); 8,91% (local B); 27,08% (local C) e 13,85% (local C), respectivamente. No entanto, os valores dos ácidos mirístico e palmítico diminuíram após a pasteurização.

O ácido graxo monoinsaturado com maior percentual no leite de cabra pasteurizado foi o mesmo encontrado no leite cru (ácido oléico), com valor de 20,58% (local C). Entretanto, o polinsaturado identificado em maior concentração no leite de cabra pasteurizado foi o ácido eicosapentaenoico - EPA (C20:5), com valor de 9,74% (local A), diferindo do leite cru.

O processo térmico reduziu os valores de ácidos graxos saturados e aumentou consideravelmente os teores de ácidos graxos polinsaturados no leite de cabra, elevando a quantidade de EPA. Este resultado pode ser explicado devido ao fato dos ácidos graxos polinsaturados oxidarem com maior intensidade do que os monoinsaturados quando os alimentos são submetidos a altas temperaturas, na presença de oxigênio, sofrendo reações oxidativas como a degradação lipídica.

A concentração do ácido linoléico diminuiu devido ao efeito da temperatura sobre a atividade da enzima oleato desaturase, que é responsável pela conversão do ácido oléico em linoléico (FLAGELLA et al., 2002), o que presumivelmente justifica a redução da quantidade de ácido linoléico em todos os locais de coleta após a pasteurização.

Ácidos graxos com graus mais altos de instauração unidos a cadeias com mais de 18 átomos de carbono são encontrados em muitos óleos de peixe e animais marinhos. As matérias graxas desses animais diferem de animais terrestres pela presença significativa de ácidos graxos polinsaturados C20-C24, contendo de 3 a 6 duplas ligações. Um de seus representantes mais importantes é o ácido cis 5,8,11,14,17-eicosapentaenóico (comumente identificado pelas iniciais EPA, do inglês, *eicosapentaenoic acid*), n-3, que participa da produção de eicosenóides, como prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos e leucotrienos que agem nos sistemas

vascular, imunológico e neurológico. Os animais dependem de EPA para um desenvolvimento normal (OETTERER et al., 2006).

Esse ácido graxo é produzido também em nosso organismo a partir do ácido α -linolênico, graças a um sistema de enzimas dessaturases e elongases, onde o ácido linolênico é convertido em ácido eicosapentaenóico (EPA) através da dessaturação e alongamento da cadeia em processos que permitem a produção de eicosanóides (BATISTON et al., 2012). Supostamente, o aumento da temperatura proporcionou esta conversão, uma vez que o ácido linolênico não foi identificado e o EPA demonstrou um grande aumento em todas as amostras de leite de cabra pasteurizado.

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com os encontrados por outros pesquisadores (INGLINGSTAD et al., 2017; QUEIROGA, 2004; SANT'ANA et al., 2019), com a diferença do ácido graxo polinsaturado (EPA) que não foi encontrado na literatura pesquisada, reforçando a possibilidade de sua presença estar relacionada ao processo de pasteurização, uma vez que os demais estudos foram realizados com leite de cabra cru.

Sant'Ana et al (2019), analisando o leite cru de cabras com a mesma dieta desta pesquisa e no mesmo local (Cariri paraibano), identificou 40 ácidos graxos, sendo 20 saturados, 15 monoinsaturados e 5 polinsaturados, uma quantidade superior à encontrada neste estudo para o leite de cabra cru de ácidos graxos saturados e monoinsaturados e um pouco inferior de polinsaturados. Os ácidos que apresentaram maiores áreas percentuais foram os mesmos: palmítico, esteárico, mirístico, cáprico, oléico e linoléico.

Queiroga et al (2007), avaliando o perfil de ácidos graxos do leite cru de cabras alimentadas com capim Tiffon e volumoso, no Brejo Paraibano, identificou 22 ácidos graxos, sendo 15 saturados, 5 monoinsaturados e 2 polinsaturados, quantidade um pouco inferior à detectada nesta pesquisa para o leite de cabra cru. Os ácidos graxos saturados que mais se destacaram foram os mesmos, porém apresentando um valor menor de área percentual para o ácido cáprico (9,35%), ácido mirístico (8,65%) e palmítico (24,48%), e um pouco maior para o esteárico (12,88%). O ácido graxo monoinsaturado que registrou maior área também foi o oléico, com 20,51%; e entre os polinsaturados também se destacou o linoléico.

Inglingsstad et al (2017) estudando o leite cru de cabras alimentadas com óleo de palma e óleo de colza, na Noruega, identificou 10 ácidos graxos, sendo 7 saturados e 2 monoinsaturados e 1 polinsaturado. Quantidade essa bem inferior à encontrada neste estudo. Os ácidos graxos saturados com maiores áreas percentuais foram o ácido palmítico e o esteárico; entre os monoinsaturados foi o oléico e entre os polinsaturados, o linoléico.

Costa et al. (2008) avaliando os efeitos da utilização de silagem de maniçoba sobre o perfil de ácidos graxos do leite de cabras Moxotó, em São João do Cariri-PB, detectaram que esta oferta influenciou de forma linear crescente as concentrações de ácido mirístico (C14:0), que apresentaram valores de 6,15 a 7,85%, e de forma decrescente os teores de ácido linolênico (C18:3), cujos valores médios foram de 2,13 a 0,76% conforme aumentaram os níveis de silagem na dieta. Foram identificados no leite de cabra 12 ácidos graxos: 8 ácidos saturados, 2 ácidos monoinsaturados e 2 ácidos polinsaturados, quantidade inferior a encontrada nesta pesquisa. Entre os saturados, também se destacaram os ácidos cáprico, mirístico, palmítico e esteárico, com valores médios expressos em área percentual (%) de 7,17; 6,88; 21,41 e 20,44. Entre os monoinsaturados, o maior percentual foi do ácido oléico, com 24,33%, ratificando o resultado deste trabalho; porém o linolênico (C18:3) foi encontrado em concentração de 1,42%, entre os polinsaturados, diferindo desta pesquisa.

O comprimento da cadeia carbônica (cadeia curta ou longa), grau de saturação (saturado ou polinsaturado) e isomeria geométrica (cis ou trans) dos ácidos graxos exercem mudanças nas propriedades da gordura como o *flavour*, em razão dos diferentes pontos de fusão desses componentes (CARNEIRO et al. 2015; COSTA et al, 2009).

Em relação ao tamanho da cadeia, foram identificados os mesmos ácidos graxos de cadeia curta e de cadeia média no leite de cabra cru e no pasteurizado, sendo: C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C11:0 e C12:0. No leite de cabra cru foi identificado um ácido graxo de cadeia longa a mais (23) do que no pasteurizado (22).

Embora a maior parte dos ácidos graxos do leite seja palmítico, oléico e esteárico, essa gordura é única entre as gorduras animais por apresentar uma quantidade considerável de ácidos graxos de cadeia curta C4 a C12 e pequenas quantidades de ácidos graxos ramificados e de número ímpar; também é a única que contém o ácido butírico (C4:0) em quantidade tão alta (OETTERER et al., 2006).

Os glóbulos de gordura do leite caprino apresentam-se pequenos, com maior área de exposição e, por isso, maior atuação das lipases, o que resulta na acentuação do aroma deste leite (CARNEIRO et al., 2015). De acordo com Catunda et al. (2016), para o leite fresco existem várias rotas bioquímicas e químicas para formação dos compostos voláteis. O sabor oxidado da gordura do leite caprino é originado, primariamente, dos ácidos linoléico e linolênico, como também de outros ácidos graxos polinsaturados. No entanto, a hidrólise de triacilgliceróis, catalisada por lípases, libera ácidos graxos de cadeia curta (C6:0, C8:0 e C10:0) e ácidos graxos

ramificados (4-metiloctanóico e 4-etiloctanóico) que são responsáveis pelo *flavour* característico do leite de cabra.

Os ácidos graxos de cadeia curta C6, C8 e C10 foram identificados tanto no leite de cabra cru quanto no leite de cabra pasteurizado. Observando os resultados apresentados na Tabela 4, percebe-se que houve uma redução do valor percentual de área destes ácidos graxos no leite pasteurizado, o que eventualmente pode modificar o aroma deste leite.

Costa (2011), avaliando o efeito do tratamento térmico sobre o perfil de ácidos graxos do leite de vaca, constatou uma redução do ácido graxo C6 do leite *in natura* (21,29) para o pasteurizado (19,93) e deste para o esterilizado (14,70).

Na maioria dos ácidos graxos polinsaturados, as duplas ligações estão separadas por um grupo metileno e somente em alguns casos os ácidos graxos têm duplas ligações em conjugação e por isso são chamados de ácidos graxos conjugados. Exemplos destes ácidos são os isômeros conjugados dienóicos do ácido linoléico, entre eles o ácido *c9, t11* e *t10, c12*-octadecadienóico, referidos pela sigla CLA (do inglês, *conjugated linoleic acid*) ou ácido linoléico conjugado (OETTERER et al., 2006). Para a saúde humana, o CLA, tem se apresentado com efeitos anticarcinogênico, com aumento da resposta imune, redução dos depósitos lipídicos corporais, e ainda, efeito antidiabético (CHESINI et al., 2019). É um ácido graxo trans que representa uma mistura de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoléico e os lipídios no leite dos ruminantes são uma ótima fonte de ácido linoléico conjugado (BENJAMIN et al., 2009). O CLA foi identificado em todas as amostras de leite de cabra cru e pasteurizado; no entanto, os valores diminuíram após a pasteurização.

Os ácidos graxos linolênico e linoléico são precursores para a síntese de ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa, como exemplo o ácido linoleico conjugado (CLA). Além disso, o conteúdo de CLA em produtos lácteos pode variar devido a diferentes condições de processamento (RUIZ et al., 2016). A redução de CLA no leite pasteurizado pode ser explicada pelo processo de pasteurização, uma vez que o ácido linolênico não foi identificado e o valor do ácido linoléico reduziu no leite de cabra pasteurizado.

O ácido araquidônico (C20:4) não foi identificado no leite de cabra cru, apenas no leite de cabra pasteurizado. O ácido linoléico é convertido em ácido araquidônico por meio da ação de enzimas dessaturases e elongases (OETTERER et al., 2006). Provavelmente, o processo térmico favoreceu esta conversão, justificada pela diminuição do ácido linoléico no leite de cabra pasteurizado.

Os benefícios dos ácidos graxos polinsaturados (PUFAs) ω 3 para humanos estão associados à síntese de eicosanóides, como leucotrienos, prostaglandinas e tromboxanos (KUDA et al., 2018). Outro aspecto importante é o valor nutricional dos PUFAs no metabolismo humano, que pode ser estimado por meio de "indicadores" de saúde calculados usando equações empíricas: os índices de aterogenicidade (AI) e trombogenicidade (TI), e a relação entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (h/H), polinsaturados /saturados (AGPI/AGS) e taxas de ômega-6/ômega-3 (ω -6/ ω -3) (PETENUCCI et al., 2016). Esses índices estão fortemente associados à prevenção de doenças e promoção da saúde (RHEE et al., 2017; CHERIFI et al., 2018). O processo de pasteurização resultou em uma melhor qualidade nutricional da gordura do leite de cabra, aferida por estes índices.

Houve um aumento na quantidade de ácidos graxos desejáveis (monoinsaturados + polinsaturados + C18:0), na relação entre ácidos graxos polinsaturados/saturados e um aumento na razão de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (h/H). Em consequência da correlação entre o colesterol e a aterosclerose, o conteúdo desse esterol em alimentos tem recebido atenção especial. A razão h/H é um importante índice para determinar o efeito de ácidos graxos individuais no metabolismo do colesterol (SANTOS-SILVA et al., 2002). Em termos de valor nutricional, uma relação h/H maior é diretamente proporcional a um alto conteúdo de PUFAs, que é considerado mais benéfico para a saúde humana (MATOS et al., 2019).

Também houve redução na relação ω -6/ ω -3 em resposta à pasteurização, o que é considerado positivo para a nutrição humana, embora, segundo FAO (FAO, 2010), não há consenso científico quanto ao valor desse índice como métrica para recomendações dietéticas que visem reduzir risco de ocorrência de doenças cardiovasculares (DUQUE et al., 2020).

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) são outros dois índices frequentemente usados para estimular o potencial de agregação plaquetária (SANTOS-SILVA et al., 2002). Alimentos com baixos valores de IA e IT têm maior potencial de proteção contra doença coronariana (MATOS et al., 2019). O processo térmico de pasteurização reduziu os índices de aterogenicidade e trombogenicidade no leite de cabra.

5.4 Perfil de voláteis de leite de cabra cru e pasteurizado

Os resultados obtidos para o número de voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano estão

demonstrados por classe química, na Figura 17 e seus cromatogramas apresentados nos Apêndices 2 e 3.

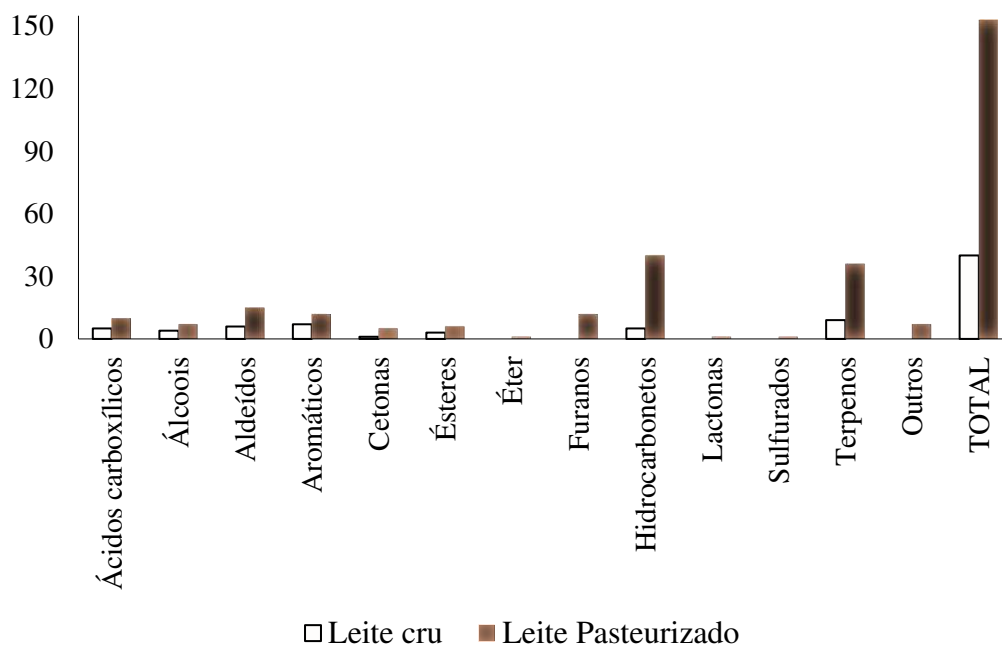


Figura 17 - Número de voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado, por classe química coletados em usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

No leite de cabra cru foram extraídos 40 compostos voláteis, sendo a sua maioria terpenos (9), seguidos de compostos aromáticos (7), aldeídos (6), hidrocarbonetos (5) e ácidos carboxílicos (5). No leite de cabra pasteurizado foram identificados 153 compostos voláteis, cuja maioria foi composta por hidrocarbonetos (40), seguidos de terpenos (36), aldeídos (15), compostos aromáticos (12) e furanos (12). Não foram identificados 31 compostos no leite pasteurizado.

Após a pasteurização, constatou-se, nesta pesquisa, a existência de uma quantidade superior de compostos voláteis no leite de cabra, com consequente aumento e diversidade de classes químicas, como observado na Figura 17. No leite de cabra pasteurizado foram extraídas 13 classes diferentes, enquanto no leite de cabra cru foram extraídas 8 classes químicas; não sendo identificados compostos das classes éter, furano, lactona, compostos sulfurados e outros, presentes nos resultados obtidos para o leite de cabra pasteurizado.

Ao comparar os resultados com a literatura reportada, foi constatado que algumas classes químicas identificadas neste estudo não foram encontradas em outras pesquisas que também analisaram os voláteis de leite cabra por SPME-M.

Sant'Ana et al. (2019), analisando os compostos voláteis de leite de cabra *in natura* (cru), não identificaram compostos das classes aldeídos, aromáticos, cetonas e hidrocarbonetos, diferindo deste trabalho que identificou compostos destas classes no leite. Também não extraíram compostos das classes éteres, lactonas e sulfurados, identificados neste trabalho para leite de cabra pasteurizado. Do mesmo modo, Sant'Ana et al. (2017), pesquisando os voláteis de leite de cabra cru, não extraíram compostos das classes aromáticos e ésteres, identificadas nesta pesquisa no leite de cabra cru; nem identificaram compostos das classes éteres, lactonas e sulfurados, encontradas nos resultados desta pesquisa para leite de cabra pasteurizado.

Não foi identificado nenhum relato técnico-científico, na literatura consultada, sobre o perfil dos compostos voláteis de leite de cabra pasteurizado.

A pasteurização proporcionou mudanças no perfil aromático do leite de cabra. Provavelmente, o aumento da temperatura durante o processo afetou a composição de seus compostos voláteis, resultando em uma maior diversidade de classes químicas. No entanto, as publicações que tratam da identificação e quantificação de compostos voláteis presentes no leite de cabra e derivados (BEZERRA et al., 2017; INGLINGSTAD et al., 2017; QUEIROGA et al., 2019; SANT'ANA et al., 2019; YANG et al., 2015) estão relacionadas aos sistemas de alimentação e seus efeitos sobre a composição e a qualidade do aroma.

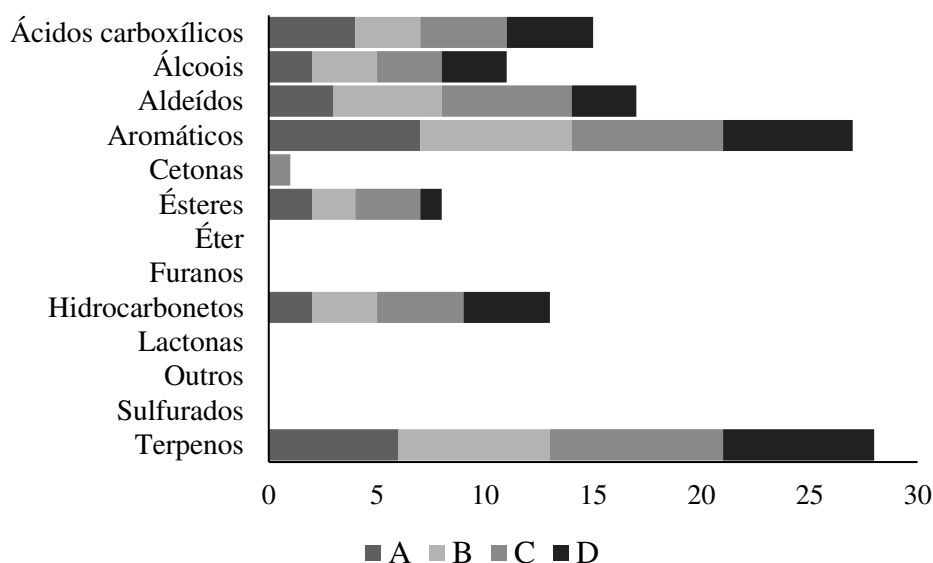
A distribuição dos compostos voláteis, por classe química, do leite de cabra cru e do leite de cabra pasteurizado por local de coleta está demonstrada na Figura 18.

No leite de cabra cru, o local de coleta que mais apresentou compostos identificados foi o C (36), seguido do B (30), D (28) e A (26). Em relação ao leite de cabra pasteurizado, o local de coleta com maior quantidade de compostos voláteis também foi o C (153), seguido de D (128), B (124) e A (99). Percebe-se que o leite de cabra coletado no local C apresentou uma maior quantidade de compostos identificados, enquanto que o leite de cabra coletado no local A apresentou as menores quantidades de compostos voláteis.

Em relação às classes químicas dos compostos identificados, no leite de cabra cru as que mais se destacaram foram aromáticos e terpenos, distribuídos da seguinte maneira: Local A (7 aromáticos e 6 terpenos); local B (7 aromáticos e 7 terpenos); local C (8 aromáticos e 7 terpenos) e local D (6 aromáticos e 7 terpenos).

No leite de cabra pasteurizado, as classes químicas com maiores quantidades de compostos foram os terpenos e hidrocarbonetos, distribuídos da seguinte forma: Local A (27 terpenos e 22 hidrocarbonetos); local B (28 terpenos e 27 hidrocarbonetos); local C (33 terpenos e 30 hidrocarbonetos) e local D (29 terpenos e 28 hidrocarbonetos).

(A)



(B)

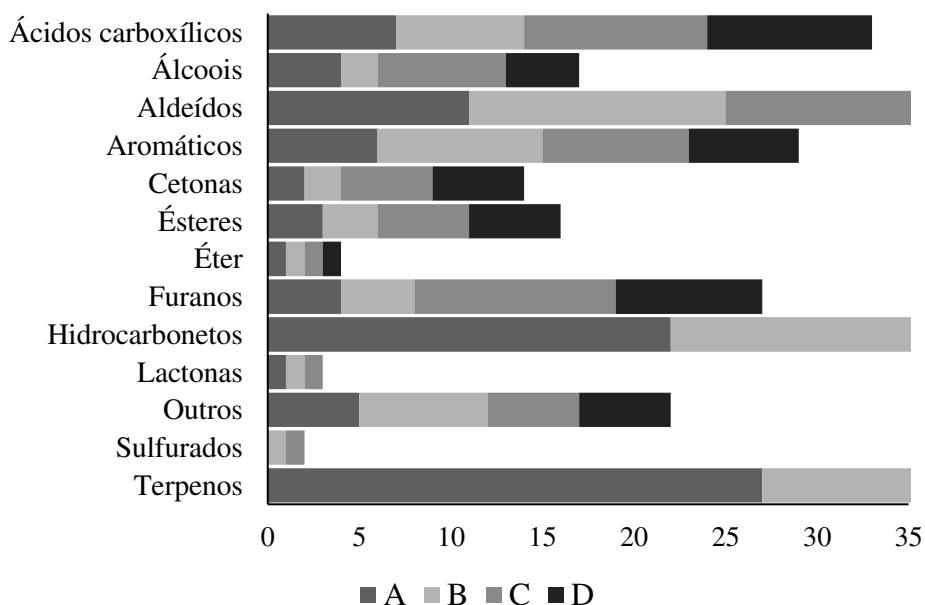


Figura 18 - Número de voláteis por classe química do leite de cabra cru (A) e do leite de cabra pasteurizado (B) por local de coleta no Cariri ocidental paraibano

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Em relação ao leite de cabra cru, o percentual da quantidade de compostos da usina C (que apresentou o maior número) foi aproximadamente 28 % maior do que a quantidade da usina A (que apresentou o menor número). No que se refere ao leite pasteurizado, o número de compostos identificados na usina C foi aproximadamente 35 % maior do que a quantidade da usina A.

Os compostos voláteis identificados no leite de cabra cru e pasteurizado, coletados em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano, extraídos pelo método SPME-M, estão descritos na Tabela 5. Os dados citam os índices de retenção e a concentração dos compostos identificados, os quais estão organizados de acordo com suas classes químicas. Também está demonstrada a descrição de aroma de alguns voláteis. Alguns compostos apresentam uma letra sobrescrita, representando que o mesmo foi identificado em outros trabalhos relatados na literatura, sendo: Queiroga et al. (2019), que extraíram compostos voláteis do leite de cabra cru por SDE; Sant’Ana et al. (2019) e Sant’Ana et al. (2017) que identificaram o perfil de voláteis do leite de cabra cru por SPME-M.

Tabela 5 - Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano (continua)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
<i>Ácidos carboxílicos</i>													
Ácido 4-Hidroxibutanóico	933	931	Nd	Nd	Nd	1,63E+06	Nd	Nd	1,42E+04	Nd	EM+IRL	salgado ⁶	2 [26]
Ácido 2-Amino-4-metilbenzóico	949	948	4,50E+06	Nd	5,27E+07	Nd	Nd	Nd	4,71E+04	4,01E+04	EM+IRL	-	5 [35]
Ácido Hexanóico	990	990	1,44E+04	1,14E+04	1,16E+05	1,21E+04	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	suor ¹	8
Ácido Octanóico ^{a, b, c}	1180	1181	1,95E+04	1,61E+04	8,40E+04	3,41E+04	1,39E+04	8,78E+05	6,49E+04	1,62E+05	EM+IRL	suor ¹	20 [81]
Ácido Decanóico ^{b, c}	1373	1369	4,49E+04	4,11E+04	1,21E+05	8,64E+04	9,66E+04	8,72E+05	2,24E+05	2,69E+05	EM+IRL	rançoso, gorduroso ¹	25 [109]
Ácido Dodecanóico ^{a, b}	1568	1560	Nd	Nd	Nd	Nd	3,35E+04	5,38E+04	2,56E+04	2,96E+04	EM+IRL	ceroso ¹ ; gorduroso ⁸	[140]
Ácido Tetradecanóico ^b	1768	1758	Nd	Nd	Nd	Nd	1,69E+04	9,03E+04	5,49E+03	5,15E+04	EM+IRL	fraco, sem ranço ⁴	[145]
Ácido Pentadecanóico ^a	1867	1858	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	9,44E+03	8,43E+03	EM+IRL	ceroso ⁶	[150]
Ácido Hexadecanóico	1968	1959	Nd	Nd	Nd	Nd	6,09E+04	2,88E+05	5,90E+03	2,04E+05	EM+IRL	oleoso fraco ⁴	[151]
Ácido 9-Octadecenóico	2144	2156	Nd	Nd	Nd	Nd	5,30E+03	6,12E+04	6,26E+04	2,35E+04	EM+IRL	odor suave ⁴	[152]
Ácido Octadecanóico ^a	2172	2171	Nd	Nd	Nd	Nd	1,47E+04	3,49E+04	1,28E+04	4,84E+04	EM+IRL	sebo leve ⁴ ; gorduroso ⁸	[153]
<i>Álcoois</i>													
Hexanol ^{a, b}	863	867	Nd	Nd	Nd	Nd	5,89E+04	Nd	3,63E+04	Nd	EM+IRL	herbáceo, alcoólico ⁸	[14]
2-Etil-1-hexanol	1030	1032	4,59E+03	4,55E+04	2,00E+04	7,46E+03	4,68E+04	7,28E+05	2,10E+05	4,61E+04	EM+IRL	rosa ¹	13 [54]
Octanol	1071	1074	Nd	5,17E+03	1,58E+04	Nd	2,81E+04	8,33E+04	2,40E+04	9,74E+04	EM+IRL	químico ¹	17 [64]
2-Nonen-1-ol	1105	1105	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,57E+04	1,28E+04	EM+IRL	verde ⁴	[71]
2-Metil-octanol	1119	1119	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,06E+04	Nd	EM+IRL	-	[74]
Decanol	1273	1273	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,31E+04	8,48E+04	EM+IRL	gorduroso, óleo ¹	[92]
2-Butil-1-octanol	1277	1281	Nd	Nd	Nd	5,68E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	23

Tabela 6 - Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
<i>Álcoois (cont.)</i>													
2-Butil-1-nonanol	1370	1364	Nd	Nd	Nd	Nd	5,23E+03	Nd	4,00E+04	Nd	EM+IRL	-	[108]
Dodecanol	1473	1474	7,16E+03	1,40E+04	2,79E+04	5,16E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	ceroso ¹	29
<i>Aldeídos</i>													
Hexanal ^a	800	800	Nd	Nd	Nd	Nd	4,77E+04	7,42E+04	4,54E+04	6,09E+04	EM+IRL	verde, folha, grama ¹	[6]
Heptanal ^{a, c}	900	901	1,54E+03	1,91E+03	2,30E+04	Nd	2,99E+04	6,53E+04	2,18E+04	2,70E+04	EM+IRL	gorduroso, citrus ¹ ;verde ⁸	1 [20]
2,4-Hexadienal	910	910	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,96E+04	6,24E+04	1,38E+04	EM+IRL	verde ¹	[22]
2-Heptenal ^c	940	936	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	9,92E+03	Nd	EM+IRL	sabão, gorduroso ¹	[29]
2-Etilhexanal	955	958	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	8,35E+03	1,40E+04	Nd	EM+IRL	dor suave ⁴	[37]
Benzaldeído	962	962	Nd	9,20E+03	6,28E+04	Nd	1,22E+05	1,02E+06	8,61E+03	6,33E+03	EM+IRL	açúcar queimado ¹	6 [38]
Octanal ^a	1003	1004	Nd	6,73E+03	3,87E+04	Nd	4,95E+04	8,74E+04	1,91E+04	1,88E+04	EM+IRL	gorduroso ¹ ; ceroso ⁸	10 [50]
Benzenoacetaldéido	1045	1044	Nd	Nd	2,36E+04	2,11E+03	9,32E+04	5,14E+04	2,28E+04	2,62E+04	EM+IRL	verde, floral, mel ⁹	14 [57]
Nonanal ^{a, c}	1104	1103	2,50E+04	6,23E+04	1,51E+05	2,70E+04	3,67E+05	7,22E+05	3,48E+05	5,77E+05	EM+IRL	gorduroso, verde ¹	19 [70]
Decanal ^a	1206	1207	1,62E+04	1,55E+04	4,88E+04	8,94E+03	6,98E+04	1,38E+05	5,40E+04	9,57E+04	EM+IRL	sabão, casca de laranja ¹	22 [87]
2,5-Dimetilbenzaldeído	1208	1214	Nd	Nd	Nd	Nd	2,25E+04	4,60E+04	4,43E+04	4,15E+04	EM+IRL	-	[88]
Undecanal ^b	1307	1302	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	8,58E+04	Nd	Nd	EM+IRL	pungente ¹	[100]
Dodecanal	1409	1409	Nd	Nd	Nd	Nd	5,92E+04	1,45E+06	4,69E+04	1,60E+05	EM+IRL	lírio ¹	[115]
Tetradecanal	1613	1613	Nd	Nd	Nd	Nd	1,15E+04	1,07E+05	1,13E+04	1,45E+04	EM+IRL	ceroso ⁶	[142]
Hexadecanal ^a	1817	1816	Nd	Nd	Nd	Nd	5,07E+03	1,26E+04	5,42E+03	1,36E+04	EM+IRL	gorduroso ⁴ ; cartão ⁸	[148]
<i>Aromáticos</i>													
Tolueno ^a	763	751	Nd	Nd	Nd	Nd	7,53E+04	1,06E+05	4,76E+05	Nd	EM+IRL	pintura ¹ ; doce ²	[1]
Etilbenzeno ^a	855	847	Nd	Nd	Nd	Nd	1,59E+04	1,81E+04	2,45E+04	Nd	EM+IRL	gasolina ¹	[12]
p-Xileno	875	883	Nd	Nd	Nd	Nd	5,11E+03	6,86E+04	Nd	Nd	EM+IRL	doce, aromático ⁴	[16]
o-Xileno	887	885	Nd	Nd	Nd	Nd	1,45E+04	1,38E+04	1,58E+04	3,36E+05	EM+IRL	doce, aromático ⁴	[17]

Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri ocidental paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
Aromáticos (cont.)													
Isocumeno	953	953	Nd	Nd	Nd	Nd	1,86E+04	1,07E+04	5,80E+05	4,33E+03	EM+IRL	doce, solvente ⁵	[36]
m-Etiltolueno ^a	957	961	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,02E+05	Nd	Nd	EM+IRL	diluentes de tinta ⁴	[39]
o-Etiltolueno	970	962	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,11E+05	1,65E+04	8,46E+04	EM+IRL	verde ⁷	[40]
1,2,3-Trimetilbenzeno	996	995	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,24E+04	1,15E+05	EM+IRL	aromático ⁴	[48]
1,2-Dietilbenzeno	1045	1049	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,49E+04	1,30E+04	EM+IRL	-	[58]
o-Propil tolueno	1047	1051	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	6,41E+03	2,67E+04	EM+IRL	amadeirado ⁶	[59]
Naftaleno	1182	1180	Nd	Nd	Nd	Nd	7,70E+03	1,02E+06	Nd	Nd	EM+IRL	alcatrão ¹	[82]
Metileno	1434	1434	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,95E+05	Nd	Nd	EM+IRL	doce ⁶	[119]
5-Fenil-decano	1535	1538	7,65E+03	1,31E+04	5,50E+04	3,02E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	32
4-Fenil-decano	1546	1546	4,76E+03	8,00E+03	4,49E+04	3,12E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	33
3-Fenil-decano	1568	1564	3,01E+03	1,03E+04	4,35E+04	1,75E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	34
6-Fenil-undecano	1628	1632	1,16E+03	4,57E+03	2,09E+04	8,07E+02	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	36
5-Fenil-undecano	1632	1635	4,86E+03	1,05E+04	4,78E+04	2,98E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	37
4-Fenil-undecano	1643	1645	3,62E+03	7,58E+03	2,63E+04	1,95E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	38
3-Fenil-undecano	1667	1666	1,72E+03	3,37E+03	2,18E+04	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	39
Cetonas													
2,3-Hexanediona ^a	781	786	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,28E+04	3,07E+05	EM+IRL	amanteigado, caramelo ⁸	[3]
Isopropenil acetona	790	796	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,28E+04	3,07E+05	EM+IRL	vegetais ⁶	[4]
2-Heptanona ^{a, c}	882	889	Nd	Nd	Nd	Nd	2,54E+04	6,21E+04	2,49E+04	6,79E+04	EM+IRL	extravagante, picante ⁸	[18]
Fenil metil cetona	1065	1066	Nd	Nd	2,17E+04	Nd	3,05E+04	8,16E+05	3,12E+04	1,14E+05	EM+IRL	amêndoa ¹	16 [63]
2-Hexadecanona ^a	1809	1809	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,01E+04	1,16E+04	EM+IRL	frutado ⁸	[147]
Ésteres													
Butil acetato ^a	816	811	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	5,02E+03	1,54E+04	EM+IRL	frutado, banana ³	[8]

Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri ocidental paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
Ésteres (cont.)													
Hexil acetato	1011	1017	Nd	Nd	Nd	Nd	8,23E+04	2,10E+05	5,00E+04	1,29E+05	EM+IRL	frutado ³	[51]
Benzil acetato	1164	1165	Nd	Nd	Nd	Nd	6,47E+04	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	fresco ¹	[79]
Dietil succinate	1182	1186	Nd	Nd	5,87E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	frutado ⁶	21
Butil hexanoato	1189	1192	Nd	Nd	Nd	Nd	2,83E+04	8,45E+04	4,06E+04	8,03E+04	EM+IRL	frutado ⁶	[84]
Etil octanoato ^a	1196	1196	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,74E+05	3,77E+04	5,71E+04	EM+IRL	frutado ⁶	[85]
Etil decanoato	1396	1395	1,44E+04	4,45E+04	7,54E+04	1,31E+04	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	ceroso ⁶	27
Etil tridecanoato ^a	1698	1693	1,84E+03	5,23E+04	5,87E+04	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	-	40
Hexahidrofarnesil acetato	1850	1846	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	5,30E+04	2,05E+04	EM+IRL	salsão ⁶	[149]
Éter													
Éter dioctilo	1660	1664	Nd	Nd	Nd	Nd	5,17E+03	2,29E+04	5,73E+03	1,12E+04	EM+IRL	fraco, ácido frutado ⁶	[143]
Furanos													
3-Furanmetanol	835	854	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,51E+04	EM+IRL	queimado ⁷	[11]
2-Furanmetanol ^{b, c}	859	856	Nd	Nd	Nd	Nd	2,36E+04	2,56E+04	4,42E+04	2,99E+04	EM+IRL	mirra, amadeirado ⁷	[13]
2-Butil furano	892	894	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,12E+05	1,60E+04	EM+IRL	frutado, vinho, doce ⁶	[19]
Furfuril formato	902	908	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,40E+04	Nd	EM+IRL	etéreo ⁶	[21]
2(5H)-Furanone	918	926	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,80E+05	Nd	EM+IRL	amanteigado ⁶	[24]
Dihidro-3-metil-2(3H)-furanone	948	942	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,53E+05	1,13E+07	EM+IRL	-	[32]
5-Etil-(2H)-furanone	949	943	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	4,98E+05	Nd	EM+IRL	-	[33]
Isomaltol	981	983	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,11E+04	3,59E+03	EM+IRL	caramelo ⁶	[44]
2-Pentil furano	993	993	Nd	Nd	Nd	Nd	6,67E+04	1,38E+05	6,28E+03	3,01E+04	EM+IRL	frutado, verde ⁶	[46]
Furaneol	1072	1078	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	9,58E+03	2,63E+04	EM+IRL	caramelo ¹	[65]
Dihidro,4-hidroxi-2(3H)-furanone	1163	1160	Nd	Nd	Nd	Nd	1,13E+05	1,95E+05	4,63E+03	Nd	EM+IRL	-	[78]
5-Hidroximetilfurfural	1233	1228	Nd	Nd	Nd	Nd	1,37E+03	3,75E+04	2,41E+04	2,97E+04	EM+IRL	amanteigado, caramelo ⁶	[89]

Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri ocidental paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
<i>Hidrocarbonetos</i>													
1-Octeno	789	784	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	7,17E+04	1,86E+03	7,64E+04	EM+IRL	gasolina ⁶	[2]
3-Metil-heptano	793	799	Nd	Nd	Nd	Nd	1,05E+04	Nd	3,37E+04	Nd	EM+IRL	inodoro ⁶	[5]
(Z) 2-Octeno	804	805	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,37E+04	2,87E+04	EM+IRL	odor característico ⁶	[7]
(E) 2-Octeno	810	812	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,34E+04	EM+IRL	odor característico ⁶	[9]
2,3,5-Trimetil-hexano	812	815	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,09E+05	EM+IRL	mofado, noz ³	[10]
Propilciclohexano	939	939	Nd	Nd	Nd	Nd	6,66E+06	6,66E+07	3,92E+06	4,35E+04	EM+IRL	-	[28]
Butilciclohexano	941	939	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,06E+05	Nd	EM+IRL	-	[30]
Decano	1000	1000	Nd	6,53E+03	1,16E+05	Nd	2,77E+04	5,51E+04	2,85E+04	9,47E+04	EM+IRL	alcano ¹	9 [49]
3,7-Dimetil-nonano	1038	1034	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	8,63E+04	EM+IRL	-	[56]
2,3,7-Trimetil-decano	1058	1054	Nd	Nd	Nd	Nd	4,48E+03	5,49E+04	8,45E+03	5,08E+04	EM+IRL	-	[60]
4-Metil-decano	1060	1060	Nd	Nd	1,81E+04	1,60E+03	3,70E+04	9,03E+04	3,69E+04	5,93E+04	EM+IRL	-	15 [61]
2-Metil-decano	1064	1063	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,38E+04	8,93E+03	EM+IRL	-	[62]
3-Metil-decano	1073	1074	Nd	Nd	Nd	5,63E+03	Nd	Nd	2,31E+04	1,30E+04	EM+IRL	-	18 [66]
4-Metil-1-undeceno	1085	1080	Nd	Nd	Nd	Nd	1,50E+04	9,56E+04	Nd	Nd	EM+IRL	-	[67]
Undecano °	1100	1100	Nd	Nd	Nd	Nd	3,36E+04	5,67E+04	4,14E+04	1,10E+04	EM+IRL	alcano ¹	[69]
2,6-Dimetil-decano	1112	1115	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	4,46E+04	Nd	EM+IRL	-	[73]
2,4,6-Trimetil-decano	1121	1127	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	9,59E+03	Nd	EM+IRL	-	[75]
2,9-Dimetil-decano	1126	1132	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	8,94E+04	7,62E+03	6,31E+03	EM+IRL	-	[76]
3-Metil-undecano	1170	1171	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	5,37E+04	Nd	Nd	EM+IRL	-	[80]
Dodecano °	1200	1200	Nd	Nd	Nd	Nd	5,11E+04	9,75E+04	2,44E+04	4,49E+04	EM+IRL	alcano ¹	[86]
Hexil cyclohexano	1234	1227	Nd	Nd	Nd	Nd	8,99E+03	1,99E+05	Nd	Nd	EM+IRL	-	[90]
3-Metil-dodecano	1271	1273	Nd	Nd	Nd	Nd	5,56E+03	9,49E+03	Nd	Nd	EM+IRL	-	[91]
2,3,11-Trimetil-dodecano	1275	1280	Nd	Nd	Nd	Nd	2,41E+04	2,50E+05	1,82E+04	1,77E+04	EM+IRL	-	[93]
4-Metil-1-deceno	1278	1283	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	8,29E+04	Nd	Nd	EM+IRL	-	[94]
(Z) 3-Trideceno	1284	1285	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,10E+04	1,23E+04	EM+IRL	-	[95]

Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri ocidental paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
Hidrocarbonetos (cont.)													
(E) 3-Trideceno	1285	1289	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,67E+05	3,57E+05	EM+IRL	-	[96]
1-Trideceno	1292	1292	Nd	Nd	Nd	Nd	1,49E+04	2,99E+04	1,41E+05	1,39E+05	EM+IRL	-	[97]
2-Trideceno	1297	1296	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	9,36E+04	8,55E+04	EM+IRL	-	[98]
Tridecano	1300	1299	3,29E+03	5,80E+03	1,31E+04	3,44E+03	3,38E+04	8,63E+04	3,39E+04	2,47E+04	EM+IRL	alcano ¹	24 [99]
6-Trideceno	1307	1305	Nd	Nd	Nd	Nd	3,20E+04	1,24E+05	1,01E+05	8,68E+04	EM+IRL	-	[101]
2-Tridecino	1351	1354	Nd	Nd	Nd	Nd	1,44E+04	1,97E+05	2,64E+04	4,91E+04	EM+IRL	-	[107]
1-Tetradeceno	1392	1392	Nd	Nd	Nd	Nd	1,82E+04	3,73E+04	8,10E+03	3,67E+04	EM+IRL	suave, agradável ⁴	[111]
Tetradecano ^c	1400	1399	Nd	Nd	Nd	Nd	9,96E+04	1,79E+05	7,60E+04	8,67E+04	EM+IRL	gasolina ⁶	[112]
5-Tetradecino	1404	1406	Nd	Nd	Nd	Nd	2,15E+05	6,36E+04	8,57E+04	Nd	EM+IRL	-	[114]
1-Pentadeceno	1492	1492	Nd	Nd	Nd	Nd	4,97E+05	1,50E+06	2,49E+05	1,67E+06	EM+IRL	-	[131]
Hexadecano	1600	1598	5,77E+03	1,33E+04	7,14E+04	5,88E+03	6,61E+04	9,39E+04	3,76E+04	4,57E+04	EM+IRL	alcano ¹	35 [141]
Heptadecano	1700	1699	Nd	Nd	Nd	Nd	2,63E+04	1,04E+05	1,74E+04	2,11E+04	EM+IRL	alcano ¹	[144]
Octadecano	1800	1799	Nd	Nd	Nd	Nd	1,70E+04	3,92E+04	2,05E+04	1,79E+04	EM+IRL	alcano ¹	[146]
Docosano	2200	2195	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	6,70E+04	Nd	Nd	EM+IRL	alcano ¹	[154]
Tricosano	2300	2255	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	7,98E+04	Nd	Nd	EM+IRL	alcano ¹	[155]
Lactona													
Butirolactona	915	929	Nd	Nd	Nd	Nd	1,74E+05	2,50E+05	5,83E+04	Nd	EM+IRL	odor agradável e fraco ⁴	[23]
Sulfurado													
2-Metil-3-furantiol	870	875	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,90E+05	1,40E+05	Nd	EM+IRL	sulfuroso ⁶	[15]
Terpenos													
α -Thujeno	929	928	Nd	Nd	Nd	2,63E+04	Nd	Nd	2,60E+03	1,36E+04	EM+IRL	amadeirado, herbáceo ¹	3 [25]
α -Pino ^{a b}	937	934	4,15E+06	4,37E+06	7,95E+04	3,45E+06	Nd	1,85E+05	2,16E+07	3,47E+05	EM+IRL	pinho ¹ ; herbáceo ⁸	4 [27]
β -Citroneleno	943	948	Nd	Nd	Nd	Nd	2,20E+04	1,94E+04	Nd	Nd	EM+IRL	herbáceo, floral, citrus ⁶	[31]
Camphene	952	946	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	6,63E+03	3,36E+05	EM+IRL	cânfora ¹	[34]

Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri ocidental paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
Terpenos (cont.)													
Mesitileno	972	968	Nd	Nd	Nd	Nd	4,46E+04	4,57E+04	3,85E+03	3,18E+04	EM+IRL	doce ⁶	[41]
β-Pineno ^b	979	974	Nd	Nd	Nd	Nd	2,29E+05	1,24E+05	7,89E+04	1,84E+05	EM+IRL	pinho, resina ¹	[42]
Camphano	980	983	Nd	Nd	Nd	Nd	3,81E+03	4,43E+04	Nd	4,36E+04	EM+IRL	borneol suave ⁶	[43]
Cumeno	990	990	Nd	3,72E+03	1,65E+04	9,02E+03	1,83E+05	5,66E+04	5,97E+04	1,63E+05	EM+IRL	aromático ⁶	7 [45]
cis-p-menth-8-ene	995	994	Nd	Nd	Nd	Nd	4,29E+04	5,49E+04	Nd	Nd	EM+IRL	-	[47]
o-Cymene	1022	1023	Nd	Nd	Nd	Nd	3,86E+04	2,01E+04	2,32E+04	1,97E+04	EM+IRL	solvente, gasolina ¹	[52]
β-Cymene	1023	1023	5,11E+03	Nd	9,06E+03	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	EM+IRL	solvente, gasolina ¹	11
Limoneno ^{b,c}	1030	1027	1,14E+04	2,69E+04	6,68E+04	5,36E+03	2,09E+05	5,26E+04	8,62E+04	1,62E+05	EM+IRL	citrus, limão, hortelã ¹	12 [53]
Eucaliptol	1032	1030	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,34E+04	8,33E+03	EM+IRL	Fresco, hortelã ⁶	[55]
Terpinoleno	1088	1087	Nd	Nd	Nd	Nd	3,76E+04	2,38E+04	4,72E+04	9,51E+04	EM+IRL	doce ⁶	[68]
Elemeno	1347	1345	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,33E+04	1,17E+05	EM+IRL	herbáceo, fresco ¹	[104]
α-Cubebeno	1351	1351	Nd	Nd	Nd	Nd	4,03E+04	2,21E+05	8,44E+04	6,35E+04	EM+IRL	herbáceo, ceroso ¹	[106]
α-Copaeno	1376	1377	Nd	6,07E+03	4,74E+03	Nd	2,89E+05	1,67E+05	3,95E+05	3,64E+05	EM+IRL	amadeirado, picante ¹	26 [110]
β-Longipineno	1403	1402	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	2,29E+04	Nd	EM+IRL	-	[113]
α-Gurjunene	1409	1412	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	1,15E+05	1,45E+05	EM+IRL	amadeirado, balsâmico ¹	[116]
Cariofileno	1419	1422	4,29E+04	3,16E+04	8,71E+04	1,50E+04	1,66E+06	1,18E+06	1,89E+06	2,14E+06	EM+IRL	amadeirado, picante ¹	28 [117]
B-Copaene	1432	1431	Nd	Nd	Nd	Nd	2,87E+04	1,66E+04	2,05E+04	9,09E+03	EM+IRL	balsâmico, medicinal ⁶	[118]
Aromandendreno	1440	1442	Nd	Nd	Nd	Nd	1,54E+04	1,74E+04	5,18E+04	1,21E+04	EM+IRL	amadeirado ¹	[121]
γ-Elemeno	1445	1447	Nd	Nd	Nd	Nd	3,90E+04	1,99E+05	1,81E+04	3,43E+04	EM+IRL	verde, amadeirado ¹	[122]
Germacrene D	1448	1453	Nd	Nd	Nd	Nd	1,40E+04	6,95E+05	1,04E+04	1,50E+04	EM+IRL	amadeirado ⁶	[123]
α-Cariofileno	1454	1457	Nd	Nd	Nd	Nd	9,31E+04	4,95E+04	1,43E+05	1,08E+05	EM+IRL	amadeirado ¹	[124]
β-Cariofileno ^b	1466	1464	Nd	Nd	Nd	Nd	1,01E+05	1,04E+05	1,03E+05	1,28E+05	EM+IRL	amadeirado, picante ¹	[125]
γ-Muuroleno	1477	1477	Nd	Nd	Nd	Nd	2,51E+03	5,38E+03	2,04E+04	2,85E+04	EM+IRL	herbáceo, amadeirado ¹	[127]

Tabela 5 – Compostos voláteis do leite de cabra cru e pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri ocidental paraibano (continuação)

Compostos	IRL _{lit.}	IRL _{exp.}	Leite Cru				Leite Pasteurizado				Método de identificação	Descrição do aroma	N
			A	B	C	D	A	B	C	D			
Terpenos (cont.)													
Germacrene D	1481	1480	Nd	Nd	Nd	Nd	5,58E+04	1,12E+05	6,27E+04	Nd	EM+IRL	amadeirado, picante ¹	[128]
(allo) Aromandendreno	1483	1486	Nd	Nd	Nd	Nd	4,09E+05	9,01E+05	4,29E+05	8,12E+05	EM+IRL	amadeirado ¹	[129]
Valencene	1490	1489	Nd	Nd	Nd	Nd	1,83E+05	3,79E+05	1,19E+05	3,48E+05	EM+IRL	verde, oleoso ¹	[130]
β-Ciclogermacrene	1495	1496	2,90E+03	4,50E+03	3,98E+04	8,79E+03	1,93E+05	4,96E+05	1,38E+05	3,59E+05	EM+IRL	verde, amadeirado ¹	30 [132]
Eremofileno	1499	1499	3,44E+03	5,82E+03	1,86E+04	8,79E+03	4,51E+05	3,96E+05	4,53E+05	5,27E+05	EM+IRL	-	31 [133]
δ-Guaiene	1505	1510	Nd	Nd	Nd	Nd	1,61E+04	7,27E+04	2,81E+04	Nd	EM+IRL	amadeirado, balsâmico ¹	[134]
γ-Cadinene ^a	1513	1515	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,23E+05	2,71E+04	1,90E+05	EM+IRL	amadeirado ¹	[135]
Biciclogermacrene	1515	1517	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	3,43E+04	Nd	EM+IRL	verde, amadeirado ¹	[136]
δ-Cadinene ^a	1524	1527	Nd	Nd	Nd	Nd	1,46E+05	1,90E+05	1,63E+05	1,41E+05	EM+IRL	medicamento, amadeirado ¹	[137]
Cubeneno	1532	1536	Nd	Nd	Nd	Nd	5,42E+03	Nd	7,97E+03	Nd	EM+IRL	citrus, herbáceo ⁶	[138]
Outros													
Maltol ^{b, c}	1110	1112	Nd	Nd	Nd	Nd	5,16E+03	2,49E+05	1,01E+05	7,33E+04	EM+IRL	caramelo ¹	[72]
Piranone	1150	1145	Nd	Nd	Nd	Nd	1,51E+04	1,77E+05	6,34E+04	2,87E+04	EM+IRL	-	[77]
4-Pinol	1186	1183	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	6,43E+04	4,50E+03	2,82E+04	EM+IRL	-	[83]
Silfiperfol-5-eno	1331	1326	Nd	Nd	Nd	Nd	4,20E+04	2,10E+05	5,03E+04	1,50E+05	EM+IRL	-	[102]
5-Indanol	1335	1335	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	8,07E+05	Nd	Nd	EM+IRL	-	[103]
7-Epi-silfiperfol-5-eno	1348	1345	Nd	Nd	Nd	Nd	3,40E+04	2,07E+05	Nd	Nd	EM+IRL	-	[105]
3,7(11)-Eudesmadieno	1542	1539	Nd	Nd	Nd	Nd	8,97E+04	4,42E+04	8,30E+04	8,36E+04	EM+IRL	-	[139]

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

IRL_{lit.} – Índice de Retenção Linear literatura; IRL_{exp.} – Índice de Retenção Linear experimental (Calculado com base nos tempos do padrão de alcanos); Nd = Não detectado;

EM + IRL, espectro de massas identificado usando NIST/EPA/NIH banco de dados de espectros de massas e IRL de acordo com o valor da literatura;

N – Ordem crescente de eluição, entre [] leite pasteurizado;

¹Flavornet; ²Perfume&Flavor Chemicals; ³Mosciano, Gerard (1999); ⁴Pubchem; ⁵Pherobase; ⁶thegoodscentcompany; ⁷Chemisis, 2000; ⁸Queiroga et al., 2019; ⁹Madruga et al., 2010.

^aIdentificado por Queiroga et al., 2019; ^bIdentificado por Sant’Ana et al., 2019; ^cIdentificado por Sant’Ana et al., 2017.

O número total de compostos voláteis do leite de cabra pasteurizado (153) foi maior do que o encontrado no leite de cabra cru (40). Este aumento observado após a pasteurização pode estar relacionado a uma redução do teor de água, o que leva a crer que os compostos não foram detectados no leite cru, devido à menor concentração. Uma determinação do teor de água do leite, antes e depois da pasteurização, possivelmente, poderia confirmar essa hipótese. Outra proposição é o fato de que novos compostos podem ser gerados, pelo uso do calor/tratamento térmico.

A quantidade de compostos obtidos neste estudo para o leite de cabra cru é maior do que a reportada por outros autores, que utilizaram a mesma técnica de extração (SANT'ANA et al., 2017; SANT'ANA et al., 2019). No entanto, é inferior à relatada por autores que extraíram os voláteis do leite de cabra cru por outra técnica (QUEIROGA et al., 2019; QUEIROGA et al., 2005). A quantidade de compostos do leite de cabra pasteurizado não poderá ser discutida com outras pesquisas, em virtude da ausência de publicações científicas na bibliografia averiguada.

Sant'ana et al. (2017), pesquisando voláteis no leite de cabra cru do Semiárido Paraibano, com o método de extração SPME manual, identificaram 19 compostos das seguintes classes: ácidos carboxílicos (3), álcoois (3), aldeídos (3), cetonas (2), hidrocarbonetos (5), terpeno (1) e furanos (2), não identificando cetonas nem compostos aromáticos, enquanto neste estudo foram identificados uma cetona e sete compostos aromáticos no leite de cabra cru. Analisando os estudos, foi constatado que os resultados desta pesquisa apresentaram apenas dois compostos em comum com os encontrados por Sant'ana et al. (2017), sendo: o Ácido Octanóico e o Limoneno.

Da mesma forma, Sant'ana et al. (2019), estudando o perfil aromático do leite cru de cabras do Cariri Oriental Paraibano, extraíram, por SPME-M, 17 compostos voláteis. As classes encontradas foram: ácidos (6), álcoois (3), éster (1), furanos (2), pirano (1) e terpenos (4), não sendo extraídas as classes: aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, nem compostos aromáticos, diferindo deste trabalho que identificou seis, uma, cinco e sete, respectivamente. Comparando os resultados foi verificado que os mesmos apresentavam cinco compostos em comum com este estudo, sendo: o Ácido Octanóico, o Ácido Decanóico, o Heptanal, o Nonanal e o Limoneno.

Confrontando os resultados do leite de cabra cru e do pasteurizado, foi observado que 28 compostos identificados no leite de cabra cru se mantiveram no leite após a pasteurização, sendo: 4 ácidos, 2 álcoois, 6 aldeídos, 1 cetona, 5 hidrocarbonetos e 8 terpenos. Destes, 2 ácidos (Ácido Octanóico e Ácido Decanóico); 1 álcool (2-Etil-1-hexanol); 2 aldeídos (Nonanal e

Decanal); 2 hidrocarbonetos (Tridecano e Hexadecano) e 4 terpenos (Limoneno, Cariofileno, β -Ciclogermacrene e Eremofileno), os quais foram constatados tanto no leite cru quanto no pasteurizado em todos os locais de coleta. Vale ressaltar que os compostos aromáticos detectados no leite de cabra cru não foram identificados no leite de cabra pasteurizado, reciprocamente.

Siefarth e Buettner (2014) pesquisaram por avaliação sensorial humana e cromatografia gasosa/olfatometria (GC/O) os compostos ativos odoríferos potentes do leite de cabra cru e do leite de cabra aquecido, após diferentes intensidades de tratamento. No leite de cabra cru foram identificados 42 odorantes, enquanto no leite de cabra aquecido 66 compostos. Dos compostos detectados no leite cru, apenas 16 conservaram-se no leite após o aquecimento, os demais foram formados após o tratamento térmico.

Dos 40 compostos identificados no leite de cabra cru, os voláteis com maiores áreas foram: Ácido 2-amino-4-metilbenzóico; α -Pineno; Nonanal; Ácido 4-hidroxibutanóico; Ácido Decanóico; Ácido Hexanóico; Decano; Cariofileno; Ácido Octanóico e Hexadecano.

Em relação ao leite pasteurizado, dos 153 compostos identificados, os voláteis que apresentaram maiores áreas foram: Propil Ciclohexano; α -Pineno; Di-hidro-3-metil-2(3H)-furanona; Cariofileno; 1-Pentadeceno; Dodecanal; Naftaleno; Benzaldeído; Ácido Octanóico; Ácido Decanóico e (allo) Aromandendrene.

A descrição de aroma de alguns destes compostos e seus limiares de odor com detecção em mg/kg de água, encontrados na literatura (BUTTERY et al., 1969b; CHERKINSKI, 1961; GUADAGNI et al., 1963; KOPPE, 1965; ZOETEMAN et al., 1971), são: α -Pineno (pinho, ervas; 0,0025); Nonanal (gorduroso, verde; 0,001); Ácido Decanóico (rançoso, gorduroso; 10,0); Ácido Hexanóico (suado; 3,0); Decano (alcano; 10,0); Cariofileno (amadeirado); Ácido Octanóico (suado; 3,0); Hexadecano (alcano); Dodecanal (lírio; 0,002); Naftaleno (naftalina; 0,001); Benzaldeído (açúcar queimado, amêndoa; 0,035); Ácido Octanóico (suor; 3,0) e (allo) Aromandendrene (amadeirado).

Segundo Queiroga et al. (2019), os principais compostos com maiores áreas identificados nos estudos com leite de cabra são o hexanol, o ácido pentanóico e 2-pentanona. Estes autores, extraíndo os voláteis do leite de cabra cru por SDE, detectaram com maiores concentrações, além do hexanol, do ácido pentanóico e da 2-pentanona, o 9-octadecenoato de metila, o hexadecanoato de metila e o 2-pentanol. Estes compostos não estão entre os voláteis identificados com maiores áreas nesta pesquisa. Possivelmente, a diferença do método de extração utilizado influenciou esses resultados.

Os compostos com maiores áreas identificados em comum no leite de cabra cru e pasteurizado foram dois terpenos (α -Pino e Cariofileno) e dois ácidos (Ácido Octanóico e Ácido Decanóico).

Sant'Ana et al. (2019) e Sant'Ana et al. (2017) também identificaram o ácido octanóico (caprílico) e ácido decanóico (cáprico) entre os compostos que se destacaram com maiores áreas relativas (%). Estes ácidos são caracterizados por um odor forte e persistente, típico de cabras, e foram identificados neste estudo no leite de cabra cru e no leite de cabra pasteurizado.

Além destes, o ácido hexanóico (capróico) também apresenta um odor caracteristicamente caprino, sendo identificado nesta pesquisa apenas no leite de cabra cru; provavelmente, devido à temperatura utilizada no processo de pasteurização do leite, em razão da sua volatilidade.

As áreas correspondentes a estes ácidos no leite de cabra cru coletados nos locais A, B, C e D foram, respectivamente: C6 (14361,03; 11431,37; 115887,68 e 12053,40); C8 (19487,93; 16118,07; 84019,76 e 34147,50); C10 (44905,74; 41060,96; 121211,44 e 86404,47). No leite de cabra pasteurizado foram, respectivamente: C8 (13886,75; 877800,78; 64916,17 e 162013,71); C10 (96569,04; 872228,35; 223725,12 e 269209,15).

Os valores limiares de odor encontrados na literatura (CHERKINSKI, 1961), com detecção em mg/kg de água, destes ácidos, são: hexanóico (3,0), octanóico (3,0) e decanóico (10,0). O aroma destes compostos é descrito como: suado (ácido hexanóico), suado e queijo (ácido octanóico), rançoso e gorduroso (ácido decanóico).

Os resultados reportados na literatura (KAFFARNIK, et al., 2014; QUEIROGA et al., 2019; WATKINS et al., 2013; YANG et al., 2015) evidenciam que o sabor característico do leite de cabra não é muito apreciado e se origina a partir dos ácidos hexanóico, ácido octanóico e ácido decanóico; e que os ácidos graxos livres ácido 4-metiloctanóico e, especialmente, ácido 4-etiloctanóico, são os responsáveis pelo sabor denominado “caprino”. Estes ácidos graxos de cadeia curta ramificada, provavelmente, surgem do metabolismo tecidual do propionato e butirato absorvidos pelo rúmen, sendo diferente entre as espécies bovina e caprina. Mas, nada se sabe sobre a maneira pela qual essa síntese é regulada nos diferentes tecidos dos ruminantes. O ácido 4-etiloctanóico pode ser considerado um feromônio (CHILLIARD et al., 2003).

Siefarth e Buettner (2014) identificaram o ácido 4-etiloctanóico com altas intensidades em todas as amostras de leite de cabra cru. Após o aquecimento do leite, as características de odor “caprino” diminuíram, enquanto as notas de caramelo aumentaram. Esses resultados ratificam os encontrados nesta pesquisa, onde oito compostos com aroma descrito como “doce”

e cinco compostos com aroma descrito como “caramelo” foram identificados apenas no leite de cabra pasteurizado, sendo eles: Tolueno, p-Xileno, o-Xileno, Isocumeno, 2-Butil furano, Mesitileno, Metileno, Terpinoleno – aroma “doce”; e Maltol, Isomaltol, Furaneol, 5-hidroximetilfurfural e 2,3-hexanodiona – aroma “caramelo”. Este fato pode ser justificado devido a pasteurização do leite proporcionar a parcial caramelização da lactose (VIDAL; SARAN NETTO, 2018).

Entre os compostos com maiores áreas identificados em comum no leite de cabra cru e no pasteurizado estão α -Pino e Cariofileno. Porém, além destes, foram detectados outros terpenos no leite de cabra cru (9) e no leite de cabra pasteurizado (36). Os animais nesta pesquisa foram criados em sistema de semi-confinamento, com uma dieta suplementada além da pastagem nativa da região. A presença destes compostos está diretamente ligada à dieta do animal e o número superior presente no leite pasteurizado está relacionado ao aumento da temperatura utilizado no processo.

Sant’Ana et al. (2019) detectaram em leite de cabras com sistemas de alimentação diferentes, quatro terpenos (α -Pino, Limoneno, α -Terpineol e β -Cariofileno) em amostras com dieta de pastagem e apenas dois (α -Pino e Limoneno) em amostras com sistema de confinamento. Destes, apenas o α -Terpineol não foi identificado nesta pesquisa.

O Limoneno é um monoterpeneo comumente presente em muitos tipos de plantas e o α -Terpineol é um monoterpeneo derivado do Limoneno via epoxidação da ligação dupla localizada na unidade isoprenial (MARÓSTICA JÚNIOR; PASTORE, 2007); já o β -Cariofileno é um sesquiterpeneo frequentemente detectado no leite e nos produtos lácteos (AGABRIEL et al., 2007). Além disso, o β -Cariofileno tem sido identificado como um dos principais compostos em leite de vacas alimentadas com pasto (ENGEL et al., 2007).

Outra alteração ocasionada pela pasteurização é a formação de compostos sulfidrílicos, originados dos aminoácidos sulfurados das proteínas, alterando o sabor do leite com a presença do sabor de cozido (VIDAL; SARAN NETTO, 2018). No leite de cabra pasteurizado foi identificado um composto sulfurado, não sendo detectado no leite cru, conforme demonstrado na Tabela 5. De acordo com Queiroga et al. (2019), um composto de enxofre proeminente encontrado no leite é o trissulfeto de dimetil, que foi relatado anteriormente como composto aromatizante no leite de vaca. Estes autores detectaram, no entanto, a presença de 2 metiltiofeno, diferindo deste estudo onde nenhum dos dois compostos foram identificados.

Os compostos com maiores Valores de Atividade de Odor, que mais contribuem para o aroma do leite de cabra, segundo Queiroga et al. (2019) são: Decanal; (E) -2-Hexenal; Hexanol;

Octanal; Hexanoato de etila; Pentanal; Nonanal; 2-Pentanona; Heptanal; Hexanoato de metila; γ -Dodecalactona; 2-Heptanona; Heptanol; Octanoato de etila; 2-Pentadecanona; β -Ionona; α -Pineno; 2-Metiltiofeno e Octadecanal.

Destes compostos, foram identificados neste estudo, no leite de cabra cru, apenas o Decanal, o Octanal, o Nonanal e o Heptanal, todos aldeídos. Enquanto no leite de cabra pasteurizado foram identificados também a 2-Heptanona e o α -Pineno.

Existem várias rotas químicas e bioquímicas para geração de compostos aromáticos. Uma série de 2-Cetonas como 2-Pentanona, 2-Pentadecanona, 2-Heptanona e 2-Hexadecanona foi encontrada no leite fresco, produzida a partir de glicéridos β -cetoácidos, pelo mecanismo hidrolítico e de descarboxilação (QUEIROGA et al., 2019).

Os voláteis provenientes da gordura do leite cru de cabras, vacas e ovelhas e seus derivados foram analisados e na maioria dos produtos foram detectados ácidos graxos livres de cadeia C₄-C₁₈, vários compostos carbonil e lactonas. Os ácidos graxos livres são formados devido aos processos enzimáticos que envolvem a ação da lipase, que hidrolisa e produz ácidos graxos de cadeia curta. Além disso, o ácido acético – um ácido graxo livre não derivado da gordura – e vários ésteres etílicos foram detectados em alguns produtos (VAGENAS; ROUSSIS, 2012). O ácido acético, provavelmente, foi identificado nesta pesquisa, entretanto não foi descrito devido à falta de comprovação pelo IRL, pois seu tempo de retenção era inferior ao do padrão de alcanos utilizado para comparação.

Os ácidos carboxílicos não são apenas compostos aromáticos, mas são precursores de outros compostos, como metil cetonas, álcoois, aldeídos, lactonas, ésteres (COLLINS et al., 2003). Em relação às cetonas, a 2-Heptanona é produzida a partir da β -oxidação e descarboxilação de ácidos graxos livres (MARILLEY; CASEY, 2004), e a 2-nonanona foi descrita como “odor de leite aquecido” (CARPINO et al., 2004), e possivelmente originárias do leite aquecido durante a análise (SANT’ANA et al., 2017). Isto justifica o fato da 2-Heptanona ter sido identificada apenas no leite de cabra pasteurizado. Queiroga et al. (2019) identificaram este composto no leite de cabra cru, provavelmente, pelo uso da técnica de extração diferente (SDE), a qual utiliza uma temperatura superior à do SPME-M.

A variedade de compostos voláteis produzidos a partir dos lipídios parece ser dependente do tipo de mecanismo de auto-oxidação do hidroperóxido e da natureza do ácido graxo envolvido. O sabor oxidativo da gordura do leite é originário, principalmente, dos ácidos linoléico e linolênico, e é substanciada por outros ácidos graxos polinsaturados. Durante a oxidação dos ésteres metílicos dos ácidos oléico, linoléico e linolênico por decomposição dos

hidroperóxidos relativos, dois tipos distintos de mecanismos de auto-oxidação estão envolvidos, por meio de radicais livres e fotoxidação. Cada ácido produz diferentes tipos de hidroperóxidos segundo o número de duplas ligações e o mecanismo de oxidação envolvido (OETTERER et al., 2006).

A decomposição dos intermediários leva à formação de uma grande quantidade de produtos voláteis. Entre estes, 50% são constituídos de aldeídos, 14% de hidrocarbonetos e 14% de álcoois. Também podem ocorrer interações com outros componentes que levam à formação de uma variação de compostos voláteis não diretamente relacionados com a oxidação lipídica (OETTERER et al., 2006).

Nonanal e Heptanal são aldeídos que são formados a partir da oxidação de ácidos graxos polinsaturados, que estão presentes em grandes quantidades nas plantas consumidas por animais (ELMORE et al., 2005). A maioria destes compostos voláteis (como álcoois e cetonas) são considerados de origem metabólica (COPPA et al., 2011). Durante a digestão e o metabolismo, alterações que ocorrem nos componentes da alimentação resultam na maior parte dos compostos voláteis presentes no leite, devido a fatores microbianos e processos enzimáticos até a síntese mamária (ADDIS et al., 2006).

Em relação ao processo térmico, outra classe formada a partir da pasteurização são os furanos, não identificados no leite de cabra cru, apenas no pasteurizado. Os furanos são produtos típicos da reação de *Maillard*, como resultado da degradação térmica de hexoses na presença de aminas durante o aquecimento do leite (NURSTEN, 2005).

5.5 Qualidade sensorial de leite de cabra cru e pasteurizado

Na análise da qualidade sensorial de leite de cabra *in natura* (cru) e pasteurizado, foram utilizados termos diferenciados pelos avaliadores, os quais geraram vocabulário próprio para a caracterização do aroma. Cada julgador suscitou entre 3 e 9 atributos, gerando um total de 53 características sensoriais. O leite de cabra cru e pasteurizado, por fim, foi caracterizado com uma média de 6 atributos, sendo: caprino, cheiro de leite, doce, queijo fresco, coalhada e curral, conforme demonstrado na Figura 19.

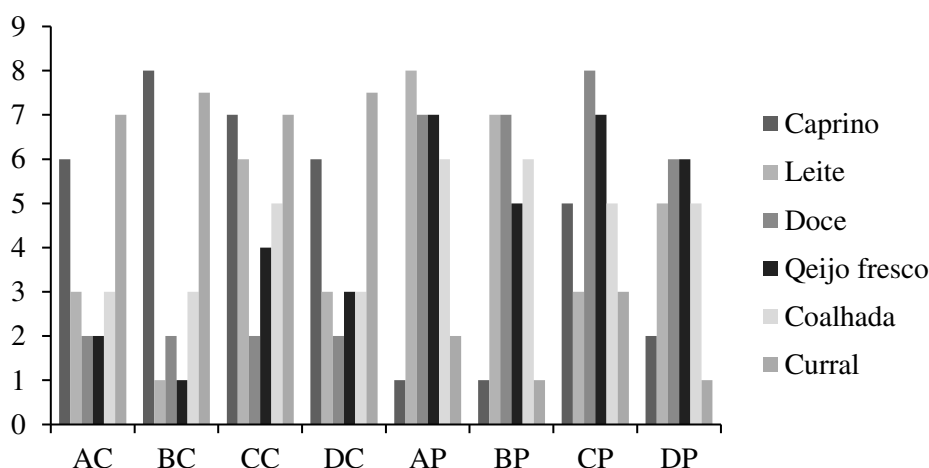


Figura 19 - Descrição dos atributos utilizados pelos julgadores para o leite de cabra cru e pasteurizado

Fonte: Autoria própria (2020).

*AC, BC, CC, DC: Leite de cabra cru coletados em quatro usinas de beneficiamento

**AP, BP, CP, DP: Leite de cabra pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento

Os resultados provenientes do Perfil Flash foram analisados por meio da Análise Procrustes Generalizada para se obter uma distribuição de consenso dos avaliadores. Os dados foram inseridos na forma de 10 matrizes (uma por provador) de oito linhas (quatro amostras – sendo para cada amostra a opção cru e a opção pasteurizado) e o número de colunas variando de 3 a 9 (atributos).

O total de atributos obtidos nesta pesquisa estão de acordo com Ramírez-Rivera et al. (2016), que pesquisaram a comparação de mapas de preferência por Análise Descritiva Quantitativa e Perfil Flash em hambúrgueres, e observaram que cada consumidor gerou entre nove e 16 atributos para um total de 54 atributos sensoriais. Esses dados também estão em concordância com Kobayashi e Benassi (2012) que, avaliando sensorialmente cafés solúveis por Perfil Flash, obtiveram cinco a onze atributos por consumidor.

Como critério para avaliar a eficiência da equipe, foram consideradas as variâncias residuais de cada avaliador, a configuração dos julgadores e as configurações das amostras por julgador. A análise final dos resultados descritivos foi baseada numa configuração de consenso das amostras, que foi interpretada analisando as correlações (de cada atributo com as dimensões 1, 2 e 3) para cada avaliador. O critério utilizado na escolha dos atributos para análise foi considerar os termos que apresentaram para cada julgador correlação, em módulo, igual ou superior a 0,60, e que tivessem sido citados por um maior número de julgadores.

O comportamento da equipe foi analisado empregando-se as três primeiras dimensões. Desta forma, foi determinado que uma dimensão comum fosse suficiente para explicar mais de 95% da variância dos dados.

Foi observado pouca dispersão na configuração geral dos julgadores, indicando comportamento pouco diferenciado entre os membros da equipe. O consenso pôde ser confirmado pela baixa variância residual. Apenas um julgador fugiu do consenso apresentando o resíduo mais alto, ou seja, as notas atribuídas por ele foram diferentes das notas atribuídas pelos outros avaliadores. No geral, a configuração individual das amostras para cada provador foi similar, havendo baixa variância residual, o que indica o consenso entre os membros da equipe (Figura 20).

O comportamento foi similar ao relatado por Terhaag e Benassi (2011), na descrição de bebidas comerciais de soja por Perfil Flash, na qual se observou variância residual máxima de 0,6% por julgador para uma solução tridimensional. Kobayashi e Benassi (2012), avaliando sensorialmente cafés solúveis, e Paz et al. (2016), avaliando salsa, ambos por Perfil Flash, também obtiveram valores de variância residual inferior a 1%.

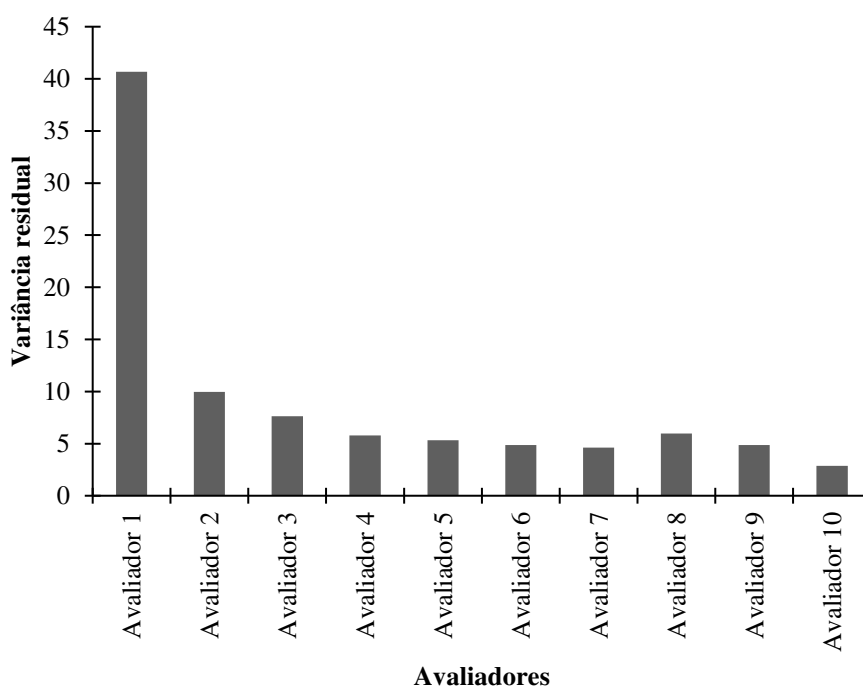


Figura 20 - Variância residual entre os avaliadores

Fonte: Autoria própria (2020).

Em trabalhos de Perfil Livre, em geral, se descreve variância para os julgadores de 0,6% até 3,5% (OLIVEIRA; BENASSI, 2010; KITZBERGER et al., 2011; RICHTER et al., 2010).

A menor variância no uso de Perfil Flash pode ser atribuída à facilidade do uso de escalas ordinais em comparação com o uso de escalas de intervalo. Richter et al. (2010) descreveram o mesmo comportamento comparando a performance de equipes de Análise Descritiva Quantitativa e Perfil Livre (variância residual máxima de 1,2 % e 1,5 %, respectivamente) e com o desempenho da equipe de Análise Descritiva por Ordenação (ADO) (variância residual máxima de 0,5 %).

Na Figura 21 está demonstrada a variância residual encontrada entre as amostras de leite de cabra. As amostras com menores resíduos (DC e DP) indicam que esses produtos são objetos de um consenso. O seja, o local de coleta D apresentou menos diferença entre a caracterização do aroma do leite de cabra cru e do pasteurizado.

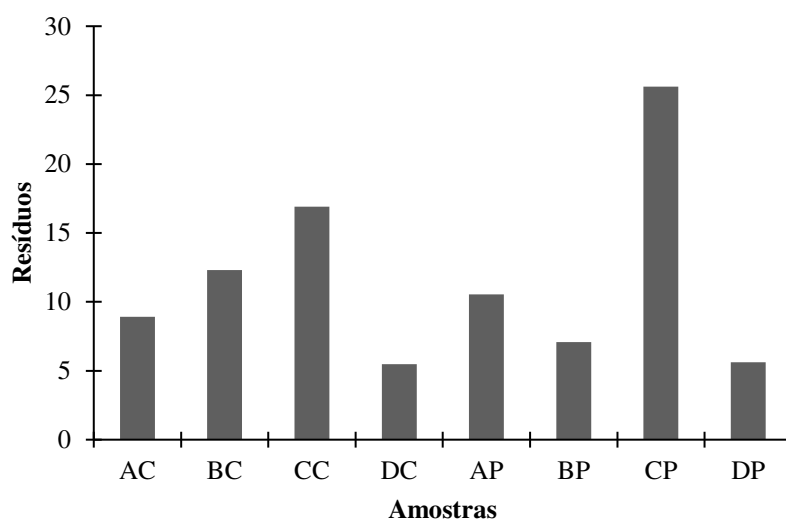


Figura 21 - Variância residual entre as amostras de leite de cabra

Fonte: Autoria própria (2020).

*AC, BC, CC, DC: Leite de cabra cru coletados em quatro usinas de beneficiamento

**AP, BP, CP, DP: Leite de cabra pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento

O leite de cabra cru (C) e o leite de cabra pasteurizado (P) estão em lados opostos do gráfico (Figura 22), indicando uma diferença bastante evidente entre os leites *in natura* e tratados termicamente.

A proximidade entre as amostras AC, BC, CC e DC significa que os provadores conseguiram um consenso para os leites de cabra crus obtidos em diferentes municípios do Cariri Paraibano Ocidental. De igual modo, a proximidade entre as amostras AP, BP, CP e DP indica também que houve um consenso bastante evidente entre os leites de cabra pasteurizados produzidos em diferentes usinas.

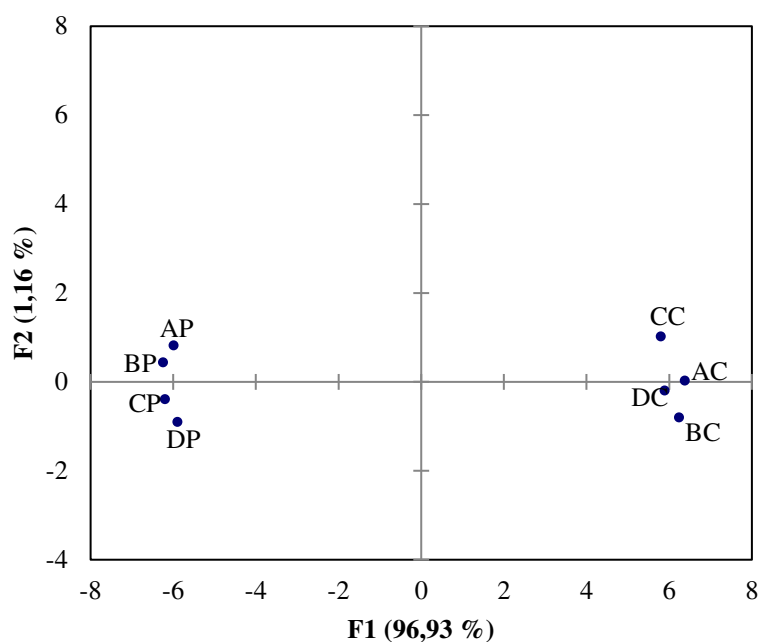


Figura 22 - Distribuição dos atributos do leite de cabra cru e do pasteurizado

Fonte: Autoria própria (2020).

*AC, BC, CC, DC: Leite de cabra cru coletados em quatro usinas de beneficiamento

**AP, BP, CP, DP: Leite de cabra pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento

Analisando a figura biplot F1 x F2 (Figura 23), que corresponde a 98% da variabilidade, pode-se concluir que os leites crus CC e AC são mais influenciados pelo odor "curral" e DC e BC pelo odor "caprino", enquanto os leites pasteurizados AP e BP são mais influenciados pelo odor de "cheiro de leite" e "coalhada", e CP e DP pelo odor "queijo fresco" e "doce".

Em relação ao aroma do leite de cabra cru, alguns atributos foram coincidentes com os atributos descritos pelos consumidores e relatados na literatura (QUEIROGA et al., 2019; SANT'ANA et al., 2019, YOUNG et al., 2012).

Os resultados obtidos por meio desta análise descritiva, conduzida através do método do Perfil Flash, demonstraram que os provadores descreveram o leite de cabra pasteurizado como mais agradável do que o leite de cabra cru. Provavelmente, o processo térmico, e consequente início do processo de caramelização, proporcionaram este aroma mais adocicado e melhor aceitação pelos consumidores. Em contrapartida, os avaliadores expuseram o leite de cabra cru como 'não agradável' devido ao aroma "caprino", característico deste tipo de leite.

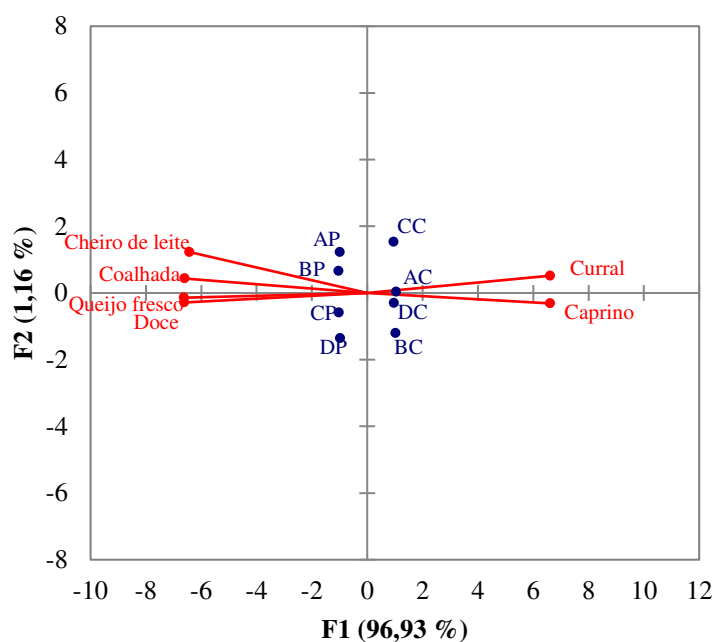


Figura 23 - Figura biplot com as descrições de aroma do leite de cabra cru e pasteurizado

Fonte: Autoria própria (2020).

*AC, BC, CC, DC: Leite de cabra cru coletados em quatro usinas de beneficiamento

**AP, BP, CP, DP: Leite de cabra pasteurizado coletados em quatro usinas de beneficiamento

A descrição sensorial obtida consensualmente entre os membros da equipe é concordante com a descrição do aroma do leite de cabra evidenciado na literatura, tendo essa descrição se mostrado eficiente e com boa capacidade de descrição dos produtos avaliados. A facilidade do procedimento de ordenação em comparação com o uso de escalas de intervalos certamente facilitou a obtenção do consenso.

6 CONCLUSÕES

O processo de pasteurização do leite de cabra proveniente do Cariri Paraibano provoca um efeito sobre a sua qualidade química, aromática e sensorial.

O processo térmico reduziu os valores de teor de água e pH e aumentou os resultados de lipídios e lactose na maioria das amostras. Reduziu os valores de ácidos graxos saturados e aumentou consideravelmente os teores de ácidos graxos polinsaturados, elevando a quantidade de ácido eicosapentaenóico – EPA. Diminuiu o valor percentual dos ácidos graxos de cadeia curta (C6, C8 e C10) e de ácido linoléico conjugado (CLA). Aumentou a quantidade de ácidos graxos desejáveis, a relação entre ácidos graxos polinsaturados/saturados e a razão de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Também reduziu a relação ω -6/ ω -3 e os índices de aterogenicidade e trombogenicidade no leite de cabra.

A pasteurização proporcionou um aumento no número de compostos voláteis identificados, assim como no número e tipos de classes químicas, promovendo a formação de compostos de impacto no aroma final do leite de cabra.

O processo de pasteurização ao leite de cabra favoreceu a descrição do aroma mais influenciado pelos atributos "doce", "cheiro de leite", "coalhada" e "queijo fresco", diferindo do odor "caprino" e "curral", descritos para o leite *in natura*.

REFERÊNCIAS

- ABEIJÓN MUKDSI, M. C.; HARO, C.; GONZÁLEZ, S. N.; MEDINA, R. B. Functional goat milk cheese with feruloyl esterase activity. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 2, p. 801–809, 2013.
- 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.; 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, n. 1, p. 4884-4896, 2007.
- ALBERT, A.; VARELA, P.; SALVADOR, A.; HOUGH, G.; FISZMAN, S. Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. **Food Quality and Preference**, v. 22, n. 5, p. 463-473, 2011.
- ALCANTARA, M.; FREITAS-SÁ, D. G. C. Metodologias sensoriais descritivas mais rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2018.
- ALEGBELEYE, O. O.; GUIMARÃES, J. T.; CRUZ, A. G.; SANT’ANA, A. S. Hazards of a ‘healthy’ trend? An appraisal of the risks of raw milk consumption and the potential of novel treatment technologies to serve as alternatives to pasteurization. **Food Science and Technology**, v. 82, n. 1, p. 148-166, 2018.
- AMIGO, L.; FONTECHA, J. Goat milk. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.). **Encyclopedia of dairy sciences**, 2 ed., v. 3, London, UK: Elsevier, 2011. p. 484-493.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) International. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. **Official method 947.05**. 20^a Ed. Rockville: AOAC, 2016.
- ARES, G. Methodological Challenges in Sensory characterization. **Current Opinion in Food Science**, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2014.
- ARTHUR, C. L.; PAWLISZYN, J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. **Analytical Chemistry**, v. 62, n. 19, p. 2145-2148, 1990.
- ASSIS, P. O. A.; GUERRA, A. C. B.; ARAÚJO, D. F. S.; ARAÚJO JÚNIOR, R. F.; MACHADO, T. A. D. G.; ARAÚJO, A. A.; LIMA, T. A. S.; GARCIA, H. E. M.; ANDRADE, L. F. L. I.; QUEIROGA, R. C. R. E. Intestinal anti-inflammatory activity of goat milk and goat yoghurt in the acetic acid model of rat colitis. **International Dairy Journal**, v. 56, n. 1, p. 45-54, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 1993. 8 p.

ATAÍDE, C. S. **Constituintes voláteis da carne de rã-touro (*Rana catesbeiana*)**. 2005. 107 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de Alimentos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2012.

BALASUBRAMANIAN, S.; PANIGRAHI, S. Solid-Phase Microextraction (SPME) Techniques for quality characterization of food products: A review. **Food Bioprocess Technol**, v. 4, n. 1, p. 1-26, 2011.

BATISTON, W. P.; MARUYAMA, S. A.; GOMES, S. T. M.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Absolute Quantification of Fatty Acid and Proximate Composition of Cow and Goat Powdered Milks. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, n. 10, p. 1907-1914, 2012.

BENJAMIN, S.; SPENER, F. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. **Nutrition & Metabolism**, v. 6, n. 36, p. 1-13, 2009.

BERTUZZI, A. S.; MCSWEENEY, P. L. H.; REA, M. C.; KILCAWLEY, K. N. Detection of volatile compounds of cheese and their contribution to the flavor profile of surface-ripened cheese. **Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, p. 371-390, 2018.

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, n. 1, p. 103-110, 2017.

BOMFIM, M. A. D.; QUEIROGA, R. de C. do E.; AGUILA, M. B.; MEDEIROS, M. do C.; FISBERG, M.; RODRIGUES, M. T.; SANTOS, K. M. O. dos; 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, n. 1, p. 98-106, 2011.

BRAGA, G. C.; PRADO, A.; PINTO, J. S. S.; ALENCAR, S. M. Perfil volátil do suco do maracujá-amarelo por técnicas de extração em headspace estático e microextração em fase sólida. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 356-363, 2015.

BRANDT, M.A.; SKINNER, E.A.; COLEMAN, J.A. Texture profile method. **Journal of Food Science**, v. 28, n. 1, p. 404–409, 1963.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos Analíticos Oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II - Métodos físicos e químicos**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1981.

_____. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **Regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA) que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2017. Disponível em: < <http://www.planalto.gov.br/> >. Acesso em: 15 jul. 2019.

_____. _____. **Instrução Normativa Nº 77, de 26/11/2018.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/>>. Acesso em: 29 dez. 2019.

_____. _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra (Instrução Normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000).** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000.

_____. _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 68 - Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle 41 de Leite e Produtos Lácteos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de dezembro de 2006.

BRASIL, L. H. A.; WECHESLER, F. S.; BACCARI JR., F.; GONÇALVES, H. C.; BONASSI, I. A. Efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1632-1641, 2000.

BURGER, L. **Investigação e comparação de metodologias de extração de lábdano obtido a partir de *Cistus ladanifer* L.** 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia e Química de Produtos Naturais) – Instituto Politécnico de Bragança, Universidade de Salamanca, Bragança, 2016.

BUTTERY, R.G.; SEIFERT, R. M.; GUADAGNI, D. G.; LING, L.C. Characterization of some volatile constituents of bell peppers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 17, n. 6, p. 1322-1327, 1969.

CAIRNCROSS, S.; SJOSTROM, I. Flavor profile. A new approach to flavor problems. **Food Technology**, v. 4, n. 1, p. 308–311, 1950.

CALAMAI, F.; VILLANELLI, G.; BARTOLUCCI, G.; PIERACCINI, G.; MONETI, I. Sample Preparation for Direct MS Analysis of Food. In: PAWLISZYN, J.; MONDELLO, L.; DUGO, P. (Eds.), **Comprehensive Sampling and Sample Preparation**. Oxford, UK: Elsevier, 2012, p. 535–557.

CANOVA, L. S. **Determinação de compostos voláteis em leite UHT utilizando Microextração em Fase Sólida e Cromatografia a Gás acoplada a Espectrômetro de Massas (HS-SPME-GC-MS).** 2017. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2017.

CAPANEMA, M. A.; BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. M.; SCHIRMER, W. Principais metodologias de avaliação físico-química e olfatométrica de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes – uma breve revisão. **Research Gate**, 2016.

CARNEIRO, W. P.; RAMOS, J. P. de F.; FILHO, E. C. P.; MOURA, J. F. P. de. Utilização de Carboidratos não Fibrosos na Alimentação de Cabras Leiteiras: Composição e Perfil Lipídico. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 50-60, 2015.

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, n. 4, p. 816-830, 2004.

CATUNDA, K. L. M.; AGUIAR, E. M.; SILVA, J. G. M.; RANGEL, A. H. N. Leite caprino: características nutricionais, organolépticas e importância do consumo. **Revista Centauro**, v. 7, n. 1, p. 34-55, 2016.

CHERIFI, H.; AJJABI, L. C.; SADOK, S. Nutritional value of the Tunisian mussel *Mytilus galloprovincialis* with a special emphasis on lipid quality. **Food Chemistry**, v. 268, n. 1, p. 307-314, 2018.

CHERKINSKI, W. **Protection of natural waterbasins against pollution with industrial wastewater**. Literature on water supply and pollution control, book n° 5 U.S. Department of Commerce. Washington D. C.: Office of technical service, 1961. TT-61-31601-5.

CHESINI, R. G.; ROSA, P. P.; NUNES, L. P.; XAVIER, A. A. S.; RÖSLER, D. C.; CAMACHO, J. S.; OLIVEIRA, A. P. T.; FARIA, M. R. Suplementação de fontes de gordura na dieta de vacas leiteiras. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 1-5, 2019.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 5, p. 1751–1770, 2003.

CLARK, S.; GARCÍA, M. B. M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10026-10044, 2017.

COELHO, M. C. S. C.; RODRIGUES, B. R.; COELHO, M. I. S.; LIBÓRIO, R. C.; COSTA, F. F. P.; SILVA, G. L.; Características físico-química e microbiológica do leite de cabra produzido em Petrolina-PE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.14, n.3, p.175-182, 2018.

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.; MARTIN, B.; PRADEL, P.; LEOTTA, B.; PRIOLO, A.; VASTA, V. Milk volatile compounds to tace cows fed a hay-based diet or different grazing systems on upland pastures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 1, p. 4947-4954, 2011.

COSTA, E. N. **Influência do tratamento térmico sobre os ácidos graxos do leite bovino**. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011.

COSTA, R. G.; DAL MONTE, H. L. B.; PIMENTA FILHO, E. C.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; CRUZ, G. R. B.; MENEZES, M. P. C. Tipologia e caracterização de sistemas de produção

de leite caprino nos Cariris Paraibanos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 656-666, 2010.

COSTA, R. G.; MESQUITA, I. V. U.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; CARVALHO, F. F. R.; BELTRÃO FILHO, E. M. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 694-702, 2008.

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, n. 1, p. 307-321, 2009.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fenemma**. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DEHLHOLM, C.; BROCKHOFF, P. B.; MEINERT, L.; AASLYNG, M. D.; BREDIE, W.L.P. Rapid descriptive sensory methods - comparison of Free Multiple Sorting, Partial Napping, Napping, Flash Profiling and conventional profiling. **Food Quality and Preference**. v. 26, n. 1, p. 267-277, 2012.

DEL GRANDE, M. **Cromatografia Gasosa: Princípios Básicos**. Brasil: Embrapa, 2014.

DELARUE, J. Flash Profile. In: ARES, G.; VARELA, P. **Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling**. Boca Raton: CRC Press, 2014. Cap. 7, p. 175-205.

DELGADO, F. J.; GONZÁLEZ-CRESPO, J.; CAVA, R.; GARCÍA-PARRA, J.; RAMÍREZ, R. Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish softcheese P.D.O. Torta del Casar during ripening. **Food Chemistry**, v. 118, n. 1, p. 182-189, 2010.

DELGADO, F. J.; GONZÁLEZ-CRESPO, J.; CAVA, R.; RAMÍREZ, R. Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME-GC-MS. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 1156 -1163, 2011.

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, n. 3, p. 135-141, 2011.

DESSEL, W.; MÖSLEIN, R.; SCHARF, A. **Optimization of product odours using Flash Profiling - Potentials and limitations**. Disponível em: <http://www.fh-nordhausen.de/uploads/media/FlashProfilingSoftener2004_02.pdf>. Acesso em: 22 jan 2011.

DIAS, N. A. A.; LARA, S. B.; MIRANDA, L. S.; PIRES, I. S. C.; PIRES, C. V.; HALBOTH, N. V. Influence of color on acceptance and identification of flavor of foods by adults. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 32, n. 2, p. 296-301, 2012.

DUQUE, A. C. A.; OLIVEIRA, J. S.; MORENZ, M. J. F.; GAMA, M. A. S.; BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R.; LOPES, F. C. F. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir alimentadas com silagem de milho e concentrado contendo ou não glicerina bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 1, p. 243-252, 2020.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.

ELMORE, J. S.; COOPER, S. L.; ENSER, M.; MOTTRAM, D. S.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G.; WOOD, J. D. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. **Meat Science**, v. 69, n. 2, p. 233-242, 2005.

EMBRAPA, 2017. **Produção mundial de caprinos e ovinos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/producao-mundial>>. Acesso em 10 jan 2019.

ENGEL, R. G.; KRIZ, G. S.; LAMPMAN, G. M.; PAVIA, D. L. **Introduction to Organic Laboratory Techniques: A Small Scale Approach**. 3. ed. Canadá: Cengage Learning, 2011.

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, n. 22, p. 9099-9108, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Fats and fatty acids in human nutrition**. Report of an expert consultation. Roma: FAO, 2010.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Livestock Primary**. Acesso: 10 de outubro de 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>

FERNANDES, M. F.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, N. A.; COSTA, R. G.; BONFIM, M. A. D.; BRAGA, A. A. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 703-710, 2008.

FERRÃO, T. S. **Compostos voláteis e parâmetros de qualidade de diferentes genótipos de frutos de Butia odorata**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FLAGELLA, Z. et al. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 17, n. 03, p. 221–230, 2002.

FONSECA, C. R.; BORDIN, K.; FERNANDES, A. M.; RODRIGUES, C. C.; CORASSIN, C. H.; CRUZ, A. G.; OLIVEIRA, C. A. F. Storage of refrigerated raw goat milk affecting the quality of whole milk powder. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4716–4724, 2013.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. (Ed.). **Aroma e Sabor de Alimentos: Temas Atuais**. São Paulo: Editora Varela, 2004, p. 17-27.

FURTON, K.G., ALMAIRALL, J.R., Application of solid-phase micro-extraction to the recovery of explosives and ignitable liquids residues from forensic specimens. **Journal of Chromatographic A**. v. 419, n. 42, p. 885, 2000.

- GALVÃO, M. S.; NARAIN, N.; SANTOS, M. S. P.; NUNES, M. L. Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits maturation. **Food Research International**, v. 44, n, 7, p. 1919-1926, 2011.
- GÁMBARO, A.; GONZÁLEZ, V.; JIMÉNEZ, S.; ARECHAVALETA, A., IRIGARAY, B.; CALLEJAS, N.; VIEITEZ, I. Chemical and sensory profiles of commercial goat cheeses. **International Dairy Journal**, v. 69, n, 1, p. 1–8, 2017.
- GAMBOA-ALVARADO, J. G.; ALMARAZ, D. R.; RAMÍREZ-RIVERA, E. J. Calidad fisicoquímica y sensorial de queso tipo Manchego durante la maduración. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n,4, p. 929-938, 2012.
- GETANEH, G.; MEBRAT, A.; WUBIE, A.; KENDIE, H. Review on Goat Milk Composition and its Nutritive Value. **Journal of Nutrition and Health Sciences**, v. 3, n. 4, p. 401, 2016.
- GODINHO, R. B. **Avaliação de fragrância em detergente em pó por cromatografia gasosa e métodos quimiométricos**. 2009. 84 f. Dissertação – Mestrado Em Química Analítica, Instituto de Química. Campinas, SP.
- GOETSCH, A. L., ZENG, S. S.; GIPSON, T. A. Factors affecting goat milk production and quality. **Small Ruminant Research**, v. 111, n. 1, p. 55-63, 2011.
- GÓMEZ-ALVARADO, T.; HERNÁNDEZ-CERVANTES, M.; LÓPEZ-VELÁZQUEZ, J.; CABRERA, R. S.; RAMÓN-CANUL, L. G.; JUÁREZ-BARRIENTOS, J. M.; RAMÍREZ-RIVERA, E. J. Caracterización sensorial del queso fresco “cuajada” en tres localidades de Oaxaca, México: diferencias en la percepción sensorial. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 1, n, 1, p. 127-140, 2010.
- GONG, X.; LU, D.; HOWER, D.; GULBINSKI, J.; CAVAGNINO, D.; COJOCARIU, C. Analytical solutions for challenges in headspace GC-MS analysis of volatile extractable and leachable compounds. **Thermo Fisher scientific**, Application note 10704, 2019. 8p.
- GOODNER, K.; ROUSEFF, R. Gas Chromatography/Olfactometry - GC/O. In: GOODNER, Kevin; ROUSEFF, Russell (Edits.). **Practical Analysis of Flavor and Fragrance Materials**. Wiley, 2011. p. 69-90
- GUADAGNI, D. G.; BUTTERY, R. G.; OKANA, S. Odour threshold of some organic compounds associated with food flavours. **Journal of the Science and Food Agriculture**, v. 14, n, 1, p. 761-765, 1963.
- HILARIO, M. C.; PUGA, C. D.; OCAÑA, A. N.; ROMO, F. P. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats’ milk cheese on summer grazing. **Journal of Dairy Research**, v. 77, n, 1, p. 20-16, 2010.
- HODGKINSON, A. J.; WALLACE, O. A.; BOGGS, I.; BROADHURST, M.; PROSSER, C.G. Gastric digestion of cow and goat milk, Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. **Food Chemistry**, v. 245, n, 15, p. 275–281, 2018.
- HOLANDA JUNIOR, E. V.; MEDEIROS, H. R. de; MONTE, H. L. B. D.; COSTA, R. G. da; PIMENTA FILHO, E. C. **Custo de Produção de Leite de Cabra na Região Nordeste**. Disponível em:

<<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/palestras/4183-Custo-Produo-Leite-Cabra-Regio-Nordeste.html>> 2016, Acesso em 04 ago 2016.

INGLINGSTAD, R. A.; SKEIE, S.; VEGARUD, G. E.; DEVOLD, T. G.; CHILLIARD, Y.; EKNAS, M. Feeding a concentrate rich in rapeseed oil improves fatty acid composition and flavor in Norwegian goat milk. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n, 9, p. 7088-7105, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008, 1020p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de dados agregados SIDRA. **Censo agropecuário 2017**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 jan. 2019.

_____. Censo agropecuário 2012. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 jan. 2019.

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

JENNINGS W, SHIBAMOTO T. **Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography**. New York: Academic Press, 1980.

JIRILLO, F.; MAGRONE, T. Anti-inflammatory and anti-allergic properties of donkey's and goat's milk. **Endocrine, Metabolic and Immune Disorders - Drug Targets**, v. 14, n, 1, p. 27-37, 2014.

KAFFARNIK, S.; KAYADEMIR, Y.; HEID, C.; VETTER, W. Concentrations of Volatile 4-Alkyl-Branched Fatty Acids in Sheep and Goat Milk and Dairy Products. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 11, p. 2209-2214, 2014.

KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. B. G. D.; BENASSI, M. T. Caracterização sensorial de cafés arábica de diferentes cultivares produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n, 1, p. 39-48, 2011.

KOBAYASHI, M. L.; BENASSI, M. T. Caracterização sensorial de cafés solúveis comerciais por Perfil Flash. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 2, p. 3081-3092, 2012.

KONDOYAN, N.; BERDAGUÉ, J. L. **A compilation of relative retention indices for analysis of aromatic compounds**. Champanelle: Laboratoire Flaveur, 1996.

KOPPE, P. Identifizierung der Hauptgeruchsstoffe im Uferfiltrat des Mittel- und Niederrheins. **Vom Wasser**, v. 32, n, 1, p. 33-68, 1965.

KRAUJALYTE, V.; LEITNER, E.; VENSKUTOINS, P. R. Chemical and sensory characterization of aroma of Viburnum opulus fruits by solid phase microextraction-gas chromatography-olfactometry. **Food Chemistry**, v. 132, n. 13, p. 7383-7392, 2012.

- KUDA, O.; ROSSMEISL, M.; KOPECKY, J. Omega-3 fatty acids and adipose tissue biology. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 64, n, 1, p. 147-160, 2018.
- LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. New York: Springer, 2010.
- LE QUÉRÉ, J. L. **Cheese | Cheese Flavor**. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.). **Encyclopedia of dairy sciences**, 2 ed Sciences. 2 ed. San Diego, CA: Ed. Academic Press, 2011. p. 675–684
- LEE, J. H. Changes in flavor compounds and quality parameters of goat cream butter during extended refrigerated storage. **International Journal of Food Properties**, v. 23, p. 306-318, 2020.
- LEHNEN, T.E.; DA SILVA, M.R.; CAMACHO, A.; MARCADENTI, A.; LEHNEN, A.M. A review on effects of conjugated linoleic fatty acid (CLA) upon body composition and energetic metabolism. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 12, n, 1, p. 1-11, 2015.
- LIKENS, S. T.; NICKERSON, G. B. Detection of certain hop oil constituents in brewing products. **Proceedings of the American Society of Brewing Chemists**, v. 5, n. 5, p. 13-34, 1964.
- LOPES, I. A. **Construção de sistemas automatizados para pasteurização de leite e produção de iogurte natural**. 2019. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.
- MADRUGA, M. S.; ELMORE, F. S.; DODSON, A. T.; MOTTRAM, D. S. Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 1081-1087, 2010.
- MADRUGA, M. S.; ELMORE, J. S.; ORUNA-CONCHA, M. J.; BALAGIANNIS, D.; MOTTRAM, D. S. Determination of some water-soluble aroma precursors in goat meat and their enrolment on flavour profile of goat meat. **Food Chemistry**, v. 123, p. 513-520, 2010.
- 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, n, 2, p. 139-159, 2004.
- MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 382-387, 2007.
- MARTINS, A. M. C. V.; ROSSI JUNIOR, O. D.; SALOTTI, B. M.; BÜRGER, K. P.; CORTEZ, A. L. L.; CARDOZO, M. V. Efeito do processamento UAT (Ultra Alta Temperatura) sobre as características físico-químicas do leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 295-298, 2008.
- MATOS, A. P.; MATOS, A. C.; MOECKE, E. H. S. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, n, 1, p.1-11, 2019.

- MAYER, H. K.; FIECHTER, G. Physicochemical characteristics of goat's milk in Austria – seasonal variations and differences between six breeds. **Dairy Science and Technology**, v. 92, n.1, p. 167–177, 2012.
- MENEZES, J. C.; BORGES, G. B. V.; GOMES, F. C. O.; VIEIRA, M. L. A.; MARQUES, A. R.; MACHADO, A. M. R. Caracterização dos compostos voláteis e análise da qualidade de plantas medicinais comerciais de *Camellia sinensis*. **Ciência Rural**, v. 49, n. 3, p. 1-10, 2019.
- MILANEZE, H. S.; SILVA, L. S.; KOTTWITZ, L. B. M.; ZAMBOM, M. A.; FONSECA, L. M.; GUIMARÃES, A. T. B.; POZZA, M. S. S. Microbiological, chemical, physical, and proteolytic activities of raw milk after thermal processing. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 5, p. 1625-1632, 2018.
- MILOSAVLJEVIC, N. P.; BLAGOJEVIC, P. D.; SAVIC, D.; RADULOVIĆ, N. Application of HS-SPME-GC-MS- derived variables for monitoring ripening-induced changes in cheese volatile compounds. **Dairy Science and Technology**, v. 92, n. 4, p. 321-333, 2012.
- MISHINA, A. G.; GOMES V.; MORAIS, S. M. Análise das substâncias voláteis presentes em cachaças artesanais do estado da Paraíba. Contextos da Alimentação – **Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 1-13, 2016.
- MITELUT, A.; CULETU, A.; POPA, M.; NICULITA, P. Study on optimization of solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry analysis for the volatile fraction of pastures. **Romanian Biotechnology Letters**, v. 16, n. 6, p. 113-118, 2011.
- MITUNIEWICZ–MALEK, A.; ZIELIŃSKA, D.; ZIARNO, M. Probiotic monocultures in fermented goat milk beverages – sensory quality of final product. **International Journal of Dairy Technology**, v. 72, n. 2, p. 240-247, 2019.
- MOLKENTIN, J.; PRECHT, D. Validation of a gas-chromatographic method for the determination of milk fat contents in mixed fats by butyric acid analysis. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 102, n.3, p. 194-201, 2000.
- MONTEL, M.-C.; BUCHIN, S.; MALLET, A.; DELBES-PAUS, C.; VUITTON, D. A.; DESMASURES, N.; BERTHIER, F. Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. **International Journal of Food Microbiology**, v. 177, n. 2, p. 136-154, 2014.
- MORAES, A. C. A. **Estudo microbiológico e composição físico-química do leite de cabra**. 2017. 74 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Rural Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- MUNOZ, A.M.; CIVILLE, G.V. **The spectrum descriptive analysis method**. In: **Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation (edited by C. Hootman)**. West Conshohocken, PA: ASTM Manual Series MNL 13, 1992.
- NUÑEZ, M.; DE RENOBALLES, M. IDF international symposium on sheep, goat and other non-cow Milk. **International Dairy Journal**, v. 58, n. 1, p. 1, 2016.

- NURSTEN, H. **The Maillard reaction: Chemistry, biochemistry and implications**. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2005.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos da Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri-SP: Manole, 2006.
- OLIVEIRA, A. P.; SILVA, L. R.; PINHO, P. G.; IZQUIERDO, A. G.; VALENTÃO, P.; SILVA, B. M.; PERERIRA, J. A.; ANDRADE, P. B. Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. **Food Chemistry**. v. 123, n. 2, p. 548-557, 2010.
- OLIVEIRA, A. P. V.; BENASSI, M. T. Avaliação sensorial de pudins de chocolate com açúcar e dietéticos por Perfil Livre. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 146-154, 2010.
- OLIVEIRA, V.S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. L. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo – revisão de literatura. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária [on-line]**, Ano XI, n. 20, 2013. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/ArUrZtm2EdeQKqr_2013-6-21-15-40-8.pdf. Acesso em: Acesso em 04 ago 2016.
- PÁDUA, F. S.; COUTO, E. P.; NERO, L. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade físico-química e microbiológica de leite de Cabra produzido no Distrito Federal. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2019.
- PARK, P.; ALBRIGHT, K.J.; STORKSON, J.M.; LIU, W.; PARIZA, M.W. Effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on spontaneously hypertensive rats. **Journal of Functional Foods**, v. 2, n. 1, p. 54–59, 2010.
- PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J.R. **Introdução à Espectroscopia**. 4^a ed. Estados Unidos: Cengage Learning, 2010.
- PAWLISZYN, J. **Handbook of Solid Phase Microextraction**. Chemical Industry Press. Pequim, 2009.
- PAZ, R. J. S.; LLAJA, M. A. H.; MERINO, K. H. M.; ARANÍBAR, N. B.; BAIGORRIA, A. S. S. Caracterización sensorial de salsa a base de hongos (*Pleurotus ostreatus*) mediante la técnica Perfil Flash. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 7, n. 1, p. 01-16, 2016.
- PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos. Componentes dos Alimentos e Processos**. Vol. 1. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- PEREIRA, R. Â. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; VIANNA, R. P. T.; OLIVEIRA, M. E. G. Qualidade química e física do leite de cabra distribuído no Programa Social “Pacto Novo Cariri” no Estado da Paraíba. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 205-211, 2005.
- PETENUCCI, M. E.; ROCHA, I. N. A.; SOUZA, S. C.; SCHNEIDER, V. V. A.; COSTA, L. A. M. A.; VISENTAINER, J. V. Seasonal variations in lipid content, fatty acid composition and nutritional profiles of five freshwater fish from the Amazon Basin. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 93, n. 1, p.10, 2016.

- PIRES, E. V. **Extração e identificação dos componentes do feromônio sexual da broca dos frutos da pinha e da graviola *Cerconota anonella* (SEPP., 1830) (*Lepidoptera: oecophoridae*)**. 2013. 87 f. Tese de doutorado (Doutorado em química e biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió-AL, 2013.
- PSILLAKIS, E. Vacuum-assisted headspace solid phase microextraction: a tutorial review. **Analytica Chimica Acta**, v. 986, n. 1, p. 12-24, 2017.
- PSILLAKIS, E.; MOUSOURAKI, A.; YIANTZI, E.; KALOGERAKIS, N. Effect of Henry's law constant and operating parameters on vacuum-assisted headspace solid phase microextraction. **Journal of Chromatography A**, v. 1244, n. 1, p. 55-60, 2012.
- PULINA, G.; MILÁN, M. J.; LAVÍN, M. P.; THEODORIDIS, A.; MORIN, E.; CAPOTE, J.; CAJA, G. Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors, **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 8, p. 6715-6729, 2018.
- QUEIROGA, R. C. R. E. **Caracterização nutricional, microbiológica, sensorial e aromática do leite de cabras Saanen, em função do manejo do rebanho, higiene da ordenha e fase de lactação**. 2004. 148 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- QUEIROGA, R. C. R. E.; COSTA, R. G.; BISCANTINI, T. M. B.; MEDEIROS, A. N.; MADRUGA, M. S.; SCHULER, A. R. P. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras *Saanen*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 430-437, 2007.
- QUEIROGA, R. C. R. E.; MADRUGA, M. S.; GALVAO, 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 Adolfo Lutz**, v. 64, n. 1, p. 97-103, 2005.
- QUEIROGA, R. C. R. E.; LEITE NETA, M. T. S.; SANDES, R. D. D.; NARAIN, N.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, M. S.; COSTA, R. G. An Insight in Key Volatile Compounds in Goat Milk Based on their Odor Active Values. **Journal of Food Science and Nutrition Research**, v. 2, n. 1, p. 049-060, 2019.
- RAMÍREZ-RIVERA, E. J.; JUÁREZ-BARRIENTOS, J. M.; RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.; RAMÍREZ-GARCÍA, S. A.; VILLA-RUANO, N.; RAMÓN-CANUL, L. G. Comparación de mapas de preferencia mediante el análisis descriptivo cuantitativo y perfil flash en hamburguesas. **Ecosistemas y recursos agropecuarios**, v. 3, n. 7, p. 103-112, 2016.
- RAMÍREZ-RIVERA, E. J.; RAMÓN-CANUL, L. G.; CAMACHO-ESCOBAR, M. A.; REYES-BORQUES, V.; RODRÍGUEZ-DELATORRE, M.; SHAÍN-MERCADO, A. J. Correlación entre el perfil descriptivo cuantitativo y perfil flash de hamburguesas de pescado de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). **Nacameh**, v. 4, n. 2, p. 55-68, 2010.
- RANADHEERA, C. S.; EVANS, C. A.; BAINES, S. K.; BALTHAZAR, C. F.; CRUZ, A. G.; ESMERINO, E. A.; FREITAS, M. Q.; PIMENTEL, T. C.; WITTEWER, A. E.; NAUMOVSKI, N.; GRAÇA, J. S.; SANT'ANA, A. S.; AJLOUNI, S.; VASILJEVIC, T. Probiotics in goat milk

products: delivery capacity and ability to improve sensory attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 18, n. 4, p. 867-882, 2019.

RANADHEERA, C. S.; NAUMOVSKI, N.; AJLOUNI, S. Non-bovine milkproducts as emerging probiotic carriers, recent developments and innovations. *Food Science*, v. 22, n. 1, p. 109–114, 2018.

RHEE, J. J.; KIM, E.; BURING, J. E.; KURTH, T. Fish consumption, omega-3 fatty acids, and risk of cardiovascular disease. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 52, n. 1, p. 10-19, 2017.

RICHTER, V. B.; ALMEIDA, T. C. A.; PRUDENCIO, S. H.; BENASSI, M. T. Proposing a ranking descriptive sensory method. *Food Quality and Preference*, v.21, n. 6, p. 611-620, 2010.

RODRIGUES, F. R. **Frutos nativos da floresta amazônica: contribuição ao estudo dos aromas e avaliação da atividade antioxidante**. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

RUIZ, J. P. A.; ALONZO, M. W.; PERTÍÑEZ, M. D. Conjugated linoleic acid of dairy foods is affected by cows' feeding system and processing of milk. *Scientia Agricola*, v.73, n.2, p.103-108, 2016.

SANKARGANESH, D.; RAMACHANDRAN, R.; MUNIASAMY, S.; SARAVANAKUMAR, V. R.; SURIYAKALAA, U.; KANNAN, S.; ARCHUNAN, G.; ACHIRAMAN, S. A correlation of fecal volatiles and steroid hormone profiles with behavioral expression during estrous cycle of goat, *Capra hircus*. *General and Comparative Endocrinology*, v. 206, n. 1, p. 178–183, 2014.

SANT'ANA, A. M. S. **Influência do sistema de produção no semiárido brasileiro sobre o perfil de ácidos graxos, voláteis e sensorial do leite e queijo caprino**. 2017. 139 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SANT'ANA, A. M. S.; RIBEIRO, J. E. S.; BEZERRIL, F. F.; SILVA, F. L. H.; MADRUGA, M. S.; QUEIROGA, R. C. R. E. Volatile compound characterization of caprine milk by multivariate optimization of headspace solid phase micro-extraction (HS-SPME). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, v. 16, n. 3, p. 781-791, 2017.

SANT'ANA; A. M. S.; BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P.; MEDEIROS, A. N.; COSTA, R. G.; SOUSA, Y. R. F.; BEZERRIL, F. F.; BATISTA, A. S. M.; MADRUGA, M. S.; QUEIROGA, R. C. R. E. Fatty acid, volatile and sensory profiles of milk and cheese from goats raised on native semiarid pasture or in confinement, *International Dairy Journal*, v. 91, n. 1, p. 147-154, 2019.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. *Livestock Production Science*, v. 77, n. 2-3, p. 187-194, 2002.

SANTOS, J. V. I.; LIMA JUNIOR, A. C.; ARAÚJO, T. G. P.; FARIAS, B. J. P.; LISBOA, A. C. C. Avaliação da qualidade do leite de cabra em uma propriedade no município de Monteiro – PB. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. e7682, 2019.

SIEFARTH, C.; BUETTNER, A. The aroma of goat milk: seasonal effects and changes through heat treatment. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 11805-11817, 2014.

SIEFFERMANN, J. M. Le profil flash: un outil rapide et innovant d'évaluation sensorielle descriptive. In: AGORAL, 12., Montpellier. **Anais...** Paris: Lavoisier, p. 335-340, 2000.

SILANIKOVE, N.; LEITNER, G.; MERIN, U.; PROSSER, C. G. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 1, p. 110-124, 2010.

SILVA, A. C. da; PIRES, A. C. dos S.; MARCONDES, M. I.; SILVA, M. F. da. Influência do tipo de leite nos parâmetros de textura e estabilidade de sorvete. **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, n. 393, p. 26-35, 2013.

SILVA, J. N., ARAÚJO, A. C., SANTOS, E. P., HOLANDA NETO, J. P.; ALVES, T. T. L. Parâmetros e determinantes da qualidade físico-química do leite caprino. **Revista Verde**, v. 6, n. 3, p. 32-38, 2011.

SIMÕES, D. R. S.; WASZCZYNSKYJ, Ñ.; WOSIACKI, G. Aromas em maçãs, suco e sidra: revisão. **Ceppa**, v. 27, n. 1, p. 153-172, 2009.

SLACANAC, V.; BOZANIC, R.; HARDI, J.; REZESSYNE SZABO, J.; LUCAN, M.; KRSTANOVIC, V. Nutritional and therapeutic value of fermented goat's milk. **International Journal of Dairy Technology**, v. 63, n. 1, p. 171-189, 2010.

SLACANAC, V.; HARDI, J.; PAVLOVIC, H.; VUKOVIC, D.; CUTIC, V. Inhibitory effect of goat and cow milk fermented by abt-2 culture (*Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium lactis* BB-12 and *Streptococcus thermophilus*) on the growth of some uropathogenic EC. **Italian Journal of Food Science**, v. 16, n. 2, p. 209-220, 2004.

SMITHS GROUP. **Smiths Detection**. 2014. Disponível em: < <https://smithsdetection.com/>> Acesso em: maio de 2020.

SOARES, L. S. **Pervaporação para recuperação de compostos orgânicos voláteis do resíduo do processamento de ostras (*Crassostrea gigas*)**. 2017. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2017.

SORIA, A. C.; SARRIÓ, M. J. García; SANZ, M.L. Volatile sampling by headspace techniques. **Trends in analytical Chemistry**, v. 71, n. 1, p. 85 – 99, 2015.

SOUTELO, A. C. M.; FERREIRA, L. F.; SALIBA, J.; MACHADO, A. M. R.; GOMES, F. C. O. Análise dos compostos voláteis presentes em bebidas isotônicas comercializadas em Belo Horizonte – MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 16908-16918, 2020.

SOUZA, A. M.; BIZZO, H. R. Uso de técnicas atuais para extração de compostos voláteis em laboratórios de óleos essenciais e aromas, e seus benefícios. In: ENCONTRO NACIONAL

SOBRE METODOLOGIAS E GESTÃO DE LABORATÓRIOS DA EMBRAPA, 14.; SIMPÓSIO SOBRE METODOLOGIAS DE LABORATÓRIOS DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010. 1 CD-ROM.

STAMPANONI, C.R. The quantitative flavor profiling technique. **Perfumer & Flavorist**, v. 18, n. 1, p. 19–24, 1993.

STEFFENS, J.; AMORIN, S. G.; SOUZA, F. A.; FELICETTI, M. A.; BALLEEN, S. C. Estudo da distribuição de temperatura na pasteurização lenta de leite orgânico em tacho de aço inoxidável. **Revista Tecnológica**, v. 29, n. 2, p. 421-429, 2020.

STONE, H., SIDEL, J., OLIVER, S., WOOSLEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v. 28, n. 1, p. 24–34, 1974.

STRZALKOWSKA, N.; BAGNICKA, E.; POŁAWSKA, E.; KRZYŹEWSKI, J.; PYZEL, B. Fatty acid profiles, cholesterol concentration, and susceptibility to lipolytic fat fraction in goat's milk. **Medycyna Weterynaryjna**, v. 68, n. 1, p. 40–44, 2012.

SUN, D. W. **Thermal food processing: new technologies and quality issues**. 2 ed. USA: CRC Press, 2012. p. 281-283 e 289.

SUN, S. Y.; JIANG, W. G.; ZHAO, Y. P. Characterization of the aroma active compounds in five sweet cherry cultivars grown in Yantai (China). **Flavour Fragrance Journal**, v. 25, n. 1, p. 206-213, 2010.

TADJINE, D.; BOUDALIA, S.; BOUSBIA, A.; KHELIFA, R.; MEBIROUK BOUDECHICHE, L.; TADJINE, A.; CHEMMAM, M. Pasteurization effects on yield and physicochemical parameters of cheese in cow and goat milk. **Food Science and Technology**, Campinas, Ahead of Print, p. 8, 2019.

TAYLOR, M. W.; MACGIBBON, A. K. H.. Milk lipids: General characteristics. In: . In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.). **Encyclopedia of dairy sciences**, 2 ed., v. 3, London, UK: Elsevier, 2019. p 243–257.

TEIXEIRA, I. A. M.; GOMES, R. A.; CASTAGNINO, D. S.; FIGUEIREDO, F. O. M.; HÄRTER, C. J.; BIAGIOL, B.; SILVA, S. P.; RIVERA, A. R. Inovações tecnológicas na caprinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 14, n. 1, p. 104-120, 2013.

TERHAAG, M. M.; BENASSI, M. T. Perfil flash: uma opção para análise descritiva rápida. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, n. 14, p. 140-151, 2011. Edição Especial.

TRONCO, V. M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. (4. ed.). Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2010.

_____._____. (3. ed.) Santa Maria: Ed. da UFSM, 2013.

TUNICK, M. H. Analyzing volatile compounds in dairy products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 1, p. 1701-1705, 2014.

- TUNICK, H.; IANDOLA, S. K. Y.; VAN HEKKEN, D. L. Comparison of SPME Methods for determining volatile compounds in milk, cheese and whey powder. **Foods**, v. 2, n. 1, p. 534-543, 2013.
- TURKMEN, N. The nutritional value and health benefits of goat milk components. In R. WATSON, R.; COLLIER, R. J.; PREEDY, V. R. (eds.). **Nutrients in dairy and their implications on health and disease**. Cambridge, MA: Academic Press, 2017. p. 441–449
- UBEDA, C.; CALLEJÓN, R. M.; HIDALGO, C.; TORIJA, M. J.; MAS, A.; TRONCOSO, A. M.; MORALES, M. L. Determination of major volatile compounds during the production of fruit vinegars by static headspace gas chromatography–mass spectrometry method. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 259-268, 2011.
- VAGENAS, G.; ROUSSIS, I. G. Fat-derived volatiles of various products of Cows', ewes', and goats' milk. **International Journal of Food Properties**, v. 15, n. 1, p. 665–682, 2012.
- VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 893-908, 2012.
- VENTURINI, K. S., SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características do leite**. 1. ed. Vitória: UFES/Pró-Reitoria de Extensão, 2007.
- VERRUCK, S.; DANTAS, A.; PRUDENCIO, E. S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. **Journal of Functional Foods**, v. 52, n. 1, p. 243-257, 2019.
- VIDAL, A. M. C.; SARAN NETTO, A. **Obtenção e processamento do leite e derivados**. 1ª ed. Pirassununga, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2018.
- WATKINS, P. J.; FRANK, D.; SINGH, T. K.; YOUNG, O. A.; WARNER, R. D. Sheepmeat flavor and the effect of different feeding systems: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 15, p. 3561–79, 2013.
- WELDEGERGIS, B. T.; VILLERS, A.; McNEISH, C.; SEETHAPATHY, S.; MOSTAFA, A.; GÓRECK, T.; CROUCH, A. M. Characterisation of volatile of pinotage wines using comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry (GC x GC – TOFMS). **Food Chemistry**. v. 11, n. 1, p. 157, 2010.
- WILLIAMS, A. A.; LANGRON, S. P. The use of the free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 35, n. 5, p. 558-568, 1984.
- YANG, C.J.; DING, W.; MA, L.J.; JIA, R. Discrimination and characterization of different intensities of goaty flavor in goat milk by means of an electronic nose. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 55-67, 2015.
- YOUNG, O. A.; GUPTA, R. B.; SADOOGHY-SARABY, S. Effects of cyclodextrins on the flavor of goat milk and its yogurt. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 2, p.122–129, 2012.

ZHENG, L. Y.; SUN, G. M.; LIU, Y. G.; LV, L. L.; YANG, W. X.; ZHAO, W. F.; WEI, C. B. Aroma volatile compounds from two fresh pineapple varieties. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 1, p. 7383-7392, 2012

ZOETEMAN, B. C. J.; KRAAYEVELD, A. J. A.; PIET, G. J. Oil pollution and drinking water odour. **H₂O**, v. 4, n. 16, p. 367-371, 1971.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Compostos voláteis de leite de cabra pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano, extraídos por SDE (continua)

Id	Composto	IRL _{lit}	IRL _{exp}	A	B	C	D	Método de identificação
<i>Álcoois</i>								
3	Etanol	427	<700	9,28E+06	3,42E+06	1,11E+07	5,92E+06	EM+IRL
50	1-Octanol	798	796	Nd	2,98E+03	Nd	4,67E+03	EM+IRL
64	Hexanol ^{1,2,3}	861	865	Nd	8,90E+03	6,20E+03	7,92E+03	EM+IRL
<i>Aldeído</i>								
39	2-Metil-propanal oxime	746	747	Nd	2,59E+04	1,40E+04	1,67E+04	EM+IRL
<i>Aromáticos</i>								
22	Benzeno	654	<700	1,76E+06	6,62E+06	4,39E+06	6,84E+06	EM+IRL
41	Tolueno ^{1,3}	752	753	3,72E+04	3,06E+05	2,01E+05	2,93E+05	EM+IRL
60	Clorobenzeno	849	846	Nd	1,68E+03	Nd	Nd	EM+IRL
63	Etilbenzeno ^{1,3}	857	863	2,65E+03	3,52E+04	2,10E+04	3,52E+04	EM+IRL
66	p-Xyleno ¹	866	870	1,60E+04	1,79E+05	1,20E+05	1,75E+05	EM+IRL
72	o-Xyleno	887	890	Nd	3,53E+04	2,38E+04	3,46E+04	EM+IRL
74	1-Metiletil benzeno	917	913	Nd	8,95E+03	5,06E+03	Nd	EM+IRL
78	Cumene ¹	920	923	Nd	2,52E+03	1,37E+03	3,41E+03	EM+IRL
84	Propilbenzeno	953	953	Nd	5,75E+03	5,18E+03	7,22E+03	EM+IRL
86	m-Etiltolueno ^{1,3}	956	962	9,80E+02	1,94E+04	1,25E+04	1,27E+04	EM+IRL
89	p-Etiltolueno ^{1,3}	963	968	Nd	1,59E+04	8,45E+03	1,29E+04	EM+IRL
91	Fenol ^{1,3}	979	978	Nd	3,69E+03	2,13E+03	4,18E+03	EM+IRL
94	1,2,4-Trimetil-benzeno	990	990	Nd	1,65E+04	1,04E+04	1,49E+04	EM+IRL
96	1,2,3-Trimetil-benzeno	1013	1005	Nd	1,64E+04	1,08E+04	1,56E+04	EM+IRL
97	1,4-Dicloro-benzeno	1016	1014	Nd	3,25E+03	Nd	5,14E+03	EM+IRL
98	1,3-Dichloro-benzeno	1018	1019	Nd	1,96E+03	Nd	2,41E+03	EM+IRL
99	1,2-Dicloro-benzeno	1021	1023	1,19E+04	1,11E+05	7,10E+04	1,01E+05	EM+IRL
102	Hidroxitolueno butilado ¹	1513	1515	1,90E+06	1,95E+06	1,44E+06	1,39E+06	EM+IRL
<i>Ésteres</i>								
15	Acetato de etilo	612	<700	Nd	Nd	Nd	5,30E+05	EM+IRL
75	Hexanoato de metila ^{1,3}	911	913	Nd	Nd	Nd	8,17E+03	EM+IRL
105	Hexadecanoato de metila ^{1,2,3}	1925	1927	Nd	Nd	8,70E+03	3,14E+02	EM+IRL
<i>Éter</i>								
8	Etil éter	485	<700	3,57E+07	3,33E+07	4,76E+07	2,58E+07	EM+IRL
<i>Hidrocarbonetos</i>								
1	Butano	400	<700	Nd	Nd	2,08E+05	Nd	EM+IRL
2	2,2-Dimetil-propano	412	<700	6,62E+05	2,56E+05	5,33E+05	6,91E+05	EM+IRL
4	2-Metil-butano	475	<700	4,46E+07	3,67E+07	1,55E+07	4,29E+07	EM+IRL
7	Pentano ¹	500	<700	6,41E+07	6,48E+07	7,07E+07	Nd	EM+IRL
9	2,2-Dimetil-butano	537	<700	4,18E+07	4,56E+07	5,71E+07	4,53E+07	EM+IRL
10	Ciclopenteno	552	<700	7,17E+05	5,25E+05	Nd	5,03E+05	EM+IRL
11	2,3-Dimetil-butano	568	<700	3,00E+07	4,46E+07	4,46E+07	4,16E+07	EM+IRL
12	2-Metil-pentano	570	<700	3,28E+07	2,62E+07	3,25E+07	2,76E+07	EM+IRL

Apêndice 1 - Compostos voláteis de leite de cabra pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano, extraídos por SDE (continuação)

Id	Composto	IRL _{lit}	IRL _{exp}	A	B	C	D	Método de identificação
<i> Hidrocarbonetos</i>								
13	3-Metil-pentano	584	<700	1,78E+07	3,09E+07	2,88E+07	3,17E+07	EM+IRL
14	Hexano	600	<700	1,27E+07	2,89E+07	2,34E+07	2,97E+07	EM+IRL
16	3-Metil-2-pentano (E)	613	<700	Nd	9,45E+04	Nd	4,47E+04	EM+IRL
17	Triclorometano	615	<700	4,96E+05	1,32E+06	1,79E+06	1,33E+06	EM+IRL
18	Etil-ciclobutano	623	<700	Nd	Nd	Nd	7,55E+06	EM+IRL
19	Metil-ciclopentano	631	<700	2,24E+06	7,23E+06	4,83E+06	1,08E+04	EM+IRL
20	1-Etoxi-2-metil-propano	640	<700	1,73E+04	9,41E+04	5,75E+04	9,94E+04	EM+IRL
21	1,1-Dimetoxi-propano	653	<700	1,27E+05	1,87E+04	2,09E+05	2,43E+04	EM+IRL
23	2-Metil-hexano	667	<700	7,40E+04	3,94E+05	2,61E+05	3,65E+05	EM+IRL
24	1,1-Dimetil-ciclopentano	675	<700	Nd	Nd	Nd	3,23E+04	EM+IRL
25	3-Metil-hexano ¹	676	<700	4,85E+04	2,87E+05	1,99E+05	2,38E+05	EM+IRL
26	1,3-Dimetil-ciclopentano	686	<700	8,89E+03	5,59E+04	3,61E+04	5,93E+04	EM+IRL
27	Isopropilciclobutano	691	<700	1,13E+04	7,22E+04	4,79E+04	7,52E+04	EM+IRL
28	1,2-Dimetil-ciclopentano, trans-	692	<700	1,48E+04	9,37E+04	5,91E+04	9,40E+04	EM+IRL
30	Heptano	700	699	6,73E+04	4,22E+05	2,83E+05	4,22E+05	EM+IRL
31	2,3-Dimetil-2-penteno	704	709	Nd	Nd	Nd	4,61E+03	EM+IRL
32	1,2-Dimetil-ciclopentano cis-	723	713	6,95E+04	4,46E+05	3,04E+05	4,42E+05	EM+IRL
33	Etil-ciclopentano	725	720	Nd	1,89E+04	1,14E+04	1,96E+04	EM+IRL
34	1,1-Dietoxi-etano	726	722	7,50E+03	5,02E+04	3,11E+04	4,92E+04	EM+IRL
35	2,5-Dimetil-hexano	727	725	4,08E+04	3,16E+05	2,36E+05	3,25E+05	EM+IRL
36	2,4-Dimetil-hexano	732	727	Nd	3,49E+04	Nd	3,49E+04	EM+IRL
37	2-Metil-4-metilene-hexano	734	734	2,35E+03	1,92E+04	1,24E+04	1,34E+04	EM+IRL
38	4,5-Dimetil-1-hexeno	741	735	Nd	4,85E+03	Nd	Nd	EM+IRL
40	4-Metil-1-hepteno	748	749	1,28E+04	1,03E+05	6,41E+04	9,09E+04	EM+IRL
42	2,3,4-Trimetil-pentano	753	755	6,04E+03	5,05E+04	3,36E+04	4,59E+04	EM+IRL
43	2,3-Dimetil-hexano	755	762	1,11E+04	1,06E+05	6,97E+04	1,04E+05	EM+IRL
44	2,3,4-Trimetil-2-penteno	766	764	1,36E+04	1,19E+05	8,32E+04	1,17E+05	EM+IRL
45	1,1,2-Trimetil-ciclopentano	767	767	Nd	4,85E+04	2,97E+04	4,47E+04	EM+IRL
46	1,1-Dimetil-ciclohexano	791	774	Nd	1,70E+04	8,32E+03	1,68E+04	EM+IRL
47	1-Etil-2-metil-ciclopentano	792	778	Nd	5,62E+03	Nd	4,70E+03	EM+IRL
48	1-Etil-3-metil-ciclopentano trans-	793	783	Nd	9,27E+03	5,55E+03	1,50E+04	EM+IRL
49	1,3-Dimetil-ciclohexano	796	789	4,34E+03	4,54E+04	2,88E+04	4,58E+04	EM+IRL
51	Octano ¹	800	800	3,32E+04	3,14E+05	2,07E+05	3,04E+05	EM+IRL
53	Heptane, 2,2-dimethyl-	816	818	Nd	6,28E+03	5,27E+03	8,31E+03	EM+IRL
54	Heptane, 2,4-dimethyl-	821	823	Nd	1,92E+04	1,31E+04	1,59E+04	EM+IRL
57	Cyclohexane, ethyl-	836	831	1,11E+04	1,16E+05	7,71E+04	1,11E+05	EM+IRL
58	1,1,4-Trimethylcyclohexane	838	835	Nd	3,62E+04	2,37E+04	3,64E+04	EM+IRL
59	3-Etil-2-metil-heptano	841	839	Nd	2,95E+04	2,05E+04	2,92E+04	EM+IRL
61	1,3,5-Trimetil-ciclohexano	853	851	Nd	2,75E+04	1,45E+04	2,68E+04	EM+IRL

Apêndice 1 - Compostos voláteis de leite de cabra pasteurizado coletado em quatro usinas de beneficiamento do Cariri Ocidental Paraibano, extraídos por SDE (continuação)

Id	Composto	IRL _{lit}	IRL _{exp}	A	B	C	D	Método de identificação
<i>Hidrocarbonetos</i>								
62	2,3-Dimetil-heptano	855	860	Nd	2,94E+04	1,80E+04	2,77E+04	EM+IRL
65	4-Metil-octano	863	869	Nd	3,76E+04	2,13E+04	3,56E+04	EM+IRL
67	3-Etil-heptano	867	874	Nd	7,41E+03	Nd	7,06E+03	EM+IRL
68	3-Metil-octano	871	876	7,44E+03	5,40E+04	3,22E+04	5,18E+04	EM+IRL
69	2-Metil-1-octeno	874	878	Nd	3,75E+03	Nd	Nd	EM+IRL
70	4-Etil-3-hepteno	884	885	Nd	3,63E+04	2,32E+04	3,43E+04	EM+IRL
71	3-Propil-ciclopenteno	885	887	Nd	1,54E+04	9,79E+03	1,34E+04	EM+IRL
73	Nonano	900	900	1,95E+04	1,74E+05	1,12E+05	1,66E+05	EM+IRL
76	2-Propenil-ciclohexano	921	915	Nd	6,34E+03	Nd	5,12E+03	EM+IRL
80	1-Metiletil-ciclohexano	924	927	1,84E+03	2,56E+04	1,78E+04	2,29E+04	EM+IRL
81	2,2,5,5-Tetrametil-hexano	931	932	Nd	6,83E+03	4,55E+03	Nd	EM+IRL
82	2,6-Dimetil-octano	933	937	1,60E+03	1,78E+04	1,14E+04	1,75E+04	EM+IRL
83	3-Etil-2-metil-heptano	941	943	Nd	5,12E+03	Nd	4,75E+03	EM+IRL
87	5-Metil-nonano	960	964	Nd	2,42E+03	Nd	Nd	EM+IRL
88	4-Metil-nonano	961	965	Nd	9,14E+03	5,04E+03	6,22E+03	EM+IRL
90	3-metil-nonano	971	974	Nd	6,39E+03	4,29E+03	7,14E+03	EM+IRL
95	Decano	1000	1000	4,33E+03	2,54E+04	1,71E+04	2,33E+04	EM+IRL
<i>Outros</i>								
29	Nitrito de amilo	695	<700	Nd	1,21E+04	9,82E+03	1,35E+04	EM+IRL
52	Tetracloroetileno	814	805	1,50E+04	1,39E+05	8,79E+04	1,30E+05	EM+IRL
79	Octodrine	923	925	Nd	2,61E+03	2,31E+03	1,82E+03	EM+IRL
93	p-Mentane trans-	981	983	Nd	1,71E+03	Nd	Nd	EM+IRL
<i>Terpeno</i>								
92	Mesitileno	972	981	Nd	1,46E+03	Nd	Nd	EM+IRL
<i>Não identificados</i>								
5	NI		<700	2,50E+07	2,84E+07	3,16E+07	1,92E+07	Na
6	NI		<700	Nd	Nd	3,16E+07	6,35E+07	Na
55	NI		825	Nd	6,16E+03	Nd	4,21E+03	Na
56	NI		829	Nd	6,44E+03	Nd	2,92E+03	Na
77	NI		919	Nd	4,98E+03	2,68E+03	4,13E+03	Na
85	NI		957	Nd	2,04E+03	Nd	Nd	Na
100	NI		1100	Nd	Nd	7,50E+03	Nd	Na
101	NI		1323	Nd	Nd	2,85E+04	Nd	Na
103	NI		1651	Nd	Nd	1,35E+04	Nd	Na
104	NI		1829	Nd	Nd	1,22E+04	Nd	Na

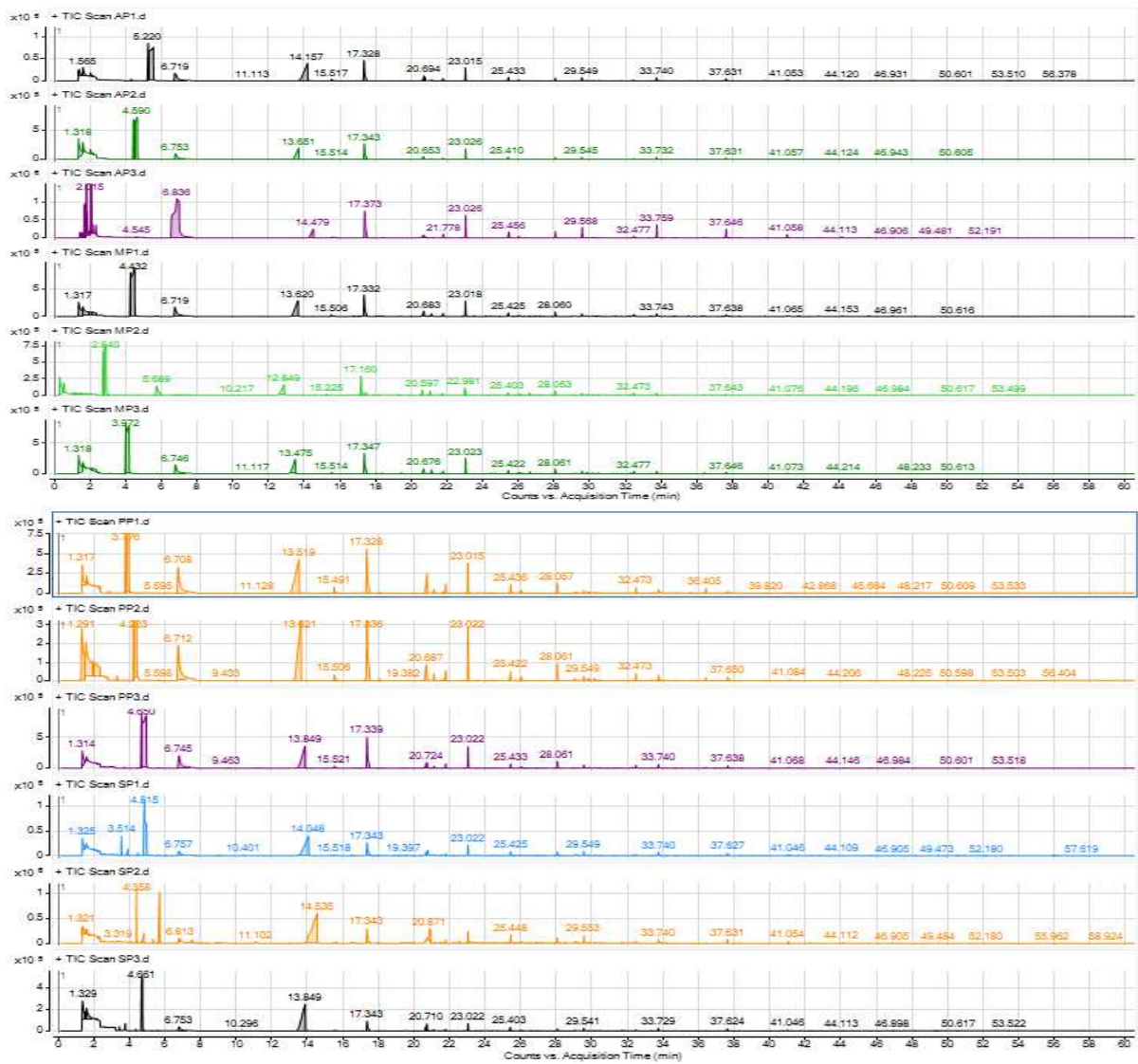
Fonte: Elaborada pela autora (2020).

SDE = Destilação e Extração Simultânea (*Simultaneous Distillation and Extraction - SDE*)

N – Ordem crescente de eluição; IRL_{lit} –Índice de Retenção Linear literatura; IRL_{exp} –Índice de Retenção Linear experimental (Calculado com base nos tempos do padrão de alcanos); NI = Não identificado; Nd = Não detectado; Na = Não aplicável; EM + IRL, espectro de massas identificado usando NIST/EPA/NIH banco de dados de espectros de massas e IRL de acordo com o valor da literatura;

¹Identificado por Queiroga (2004); ²Identificado por Queiroga et al. (2005); ³Identificado por Queiroga et al. (2019).

Apêndice 2 – Cromatogramas do leite de cabra pasteurizado (SPME-M)



Apêndice 3 – Cromatogramas do leite de cabra cru (SPME-M)

