

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA CARNE DE CABRITOS MESTIÇOS ½  
BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS  
ANTIOXIDANTES NA DIETA

Autor: Rogério Aleson Dias Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos santos

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Francilaine Eloise De Marchi

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro – 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA CARNE DE CABRITOS MESTIÇOS ½  
BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS  
ANTIOXIDANTES NA DIETA

Autor: Rogério Aleson Dias Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos santos

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Francilaine Eloise De Marchi

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração: Produção Animal.

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro – 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

B574a

Bezerra, Rogério Aleson Dias

Avaliação da carne de cabritos mestiços ½ Boer-Saanen suplementados com compostos antioxidantes na dieta / Rogério Aleson Dias Bezerra. -- Maringá, PR, 2023. 152 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos.

Coorientadora: Profa. Dra. Francilaine Eloise De Marchi.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2023.

1. Antioxidante . 2. Nutrição animal - Caprinos. 3. Cabritos mestiços - Carcaça - Avaliação. 4. Caprinos - Desempenho. 5. Longissimus lumborum. I. Santos, Geraldo Tadeu dos , orient. II. De Marchi, Francilaine Eloise , coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.39



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DA CARNE DE CABRITOS MESTIÇOS  
½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM  
COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA

Autor: Rogério Aleson Dias Bezerra  
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADO em 24 de fevereiro de 2023.

  
Profª Drª Claudete Regina Alcalde

  
Profª Drª Andresa Carla  
Feihmann

  
Profª Drª Magali Soares dos  
Santos Pozza

  
Prof. Dr. Paulo Roberto Leme

  
Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos  
Orientador

A minha família, em especial aos meus pais **Regiane de Luna Dias Bezerra** e **Antônio Bezerra de Almeida** que me apoiaram nos momentos difíceis, e sempre acreditaram em meus planos e na trajetória que escolhi. Foram suas orações que sempre me guiaram.

A minha irmã **Amanda Kelly Dias Bezerra**, que me norteou e orientou na vida acadêmica e sua dedicação e suas conquistas me serviram de inspiração.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, pela oportunidade, confiança, orientação e ensinamentos compartilhados.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Francilaine Eloise de Marchi, pela orientação, apoio e ensinamentos compartilhados.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudete Regina Alcalde, pela orientação, ensinamentos, auxílio na condução do trabalho e por disponibilizar a estrutura do setor de Caprinocultura e os animais para realização do experimento.

Aos professores do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos. Em especial, ao Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado, por disponibilizar a estrutura do laboratório de Análises de Produtos Agropecuários para realizar as análises e ao Prof. Dr. Luiz Paulo Rigolon, por todo auxílio veterinário.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Andresa Carla Feihmann do programa de Tecnologia de Alimentos, pelo auxílio no desenvolvimento dos Hambúrgues e análises laboratoriais, igualmente, à MSc. Natallya Marques da Silva e ao MSc. Marcos Antônio Matiucci por toda colaboração.

À Profa. Dra. Magali Soares dos Santos Pozza e ao Prof. Dr. Paulo Roberto Leme pelas contribuições e tempo despendido no auxílio das correções deste trabalho.

À Solange Iung, secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por todo auxílio e disponibilidade sempre.

Aos amigos do curso de pós-graduação, por compartilharem momentos de estudos e as horas nos laboratórios, pela amizade e companheirismo. Em especial aos companheiros do grupo de pesquisa Dr. Jesus Cardoso Osório e MSc. Micheli Regiani Sippert, pelo acolhimento, amizade e toda ajuda nos ensinamentos para análises dos compostos antioxidantes.

Aos Químicos do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), Dr. Osvaldo Pezoti Junior e Dr. Ulisses Zonta de Melo, pela disponibilidade, paciência, ensinamentos e momentos de descontração durante longas horas de análises.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), Denílson, Vicente, Maria, Adelino Junior, Nelson (Palmeira), Cleomar e Toninho. Em especial, aos funcionários do setor de Caprinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), Nelson Nogueira da Silva, Rosimar Gomes e Wilmar Rikli, por auxiliarem durante toda a condução do trabalho a campo e pela amizade construída.

A todos os estagiários que impreterivelmente colaboraram na condução do trabalho a campo e análises, Amanda Cristina Pereira, André Favaro Elias Pereira, Beatriz Ferreira Tuzzi, Bruna Stephane Grion de Souza, Evandro Barboza Matos, Karen Brizola Meireles, Ludmyla Dos Santos Mari, Maria Beatriz Reis dos Santos, Maria Beatriz Venturin Britta e Regina Cristiane Cloth Pinto. Aqui todo meu agradecimento por toda a dedicação, companheirismo e pela amizade construída.

À empresa GRASP, por meio do Zootecnista Dr. Rafael Canonenco de Araujo, pelo fornecimento dos compostos.

À minha família, que apesar da distância, nunca deixaram de estar presentes nessa caminhada ao longo dos anos, apoiando e incentivando a seguir sempre em frente lutando pela conclusão dos meus objetivos e sonhos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

ROGÉRIO ALESON DIAS BEZERRA, filho de Regiane de Luna Dias Bezerra e Antônio Bezerra de Almeida, nasceu em 27 de março de 1987, na cidade de Areia, Paraíba.

Em agosto de 2009, ingressou no curso de graduação em Zootecnia Bacharelado, na Universidade Federal da Paraíba, no Centro de Ciências Agrárias – Areia, PB. No ano seguinte, iniciou projeto de iniciação científica na área de bovinocultura de leite como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), obtendo o título de Zootecnista em 2014.

Em 2015, foi bolsista de treinamento técnico (TT3) pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) vinculado a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, sob orientação do Professor Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira.

Em agosto de 2016, ingressou no curso Pós-graduação em Zootecnia a nível de Mestrado, na área de concentração de Nutrição e Produção Animal pela Faculdade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal, sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Jane Maria Bertocco Ezequiel e Coorientação do Professor Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira, em agosto de 2018 submeteu-se ao exame de qualificação e em novembro obteve o título de Mestre.

Em março de 2019 ingressou no curso Pós-graduação em Zootecnia a nível de Doutorado no programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, na área de Nutrição e Produção Animal, em maio de 2022 submeteu-se ao exame de qualificação.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xii
RESUMO .....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
I. REVISÃO DE LITERATURA .....	1
II. INTRODUÇÃO .....	1
1. Caprinocultura .....	1
2. Metabólitos secundário das plantas .....	2
3. Definição, caracterização química e origem metabólica .....	3
4. Timol e carvacrol (características/ aspectos físicos e químicos) .....	7
5. Modo de ação antibacteriana dos compostos secundários .....	8
6. Atividade biológica dos óleos essenciais .....	10
7. Atividade antioxidante .....	13
8. Mecanismos da oxidação de lipídeos e proteínas .....	15
8.1. Oxidação Lipídica .....	15
7.2. Oxidação proteica .....	18
9. Efeito dos óleos essenciais sobre o desempenho animal. ....	20

III. OBJETIVOS GERAIS.....	34
IV. DESEMPENHO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA <sup>1</sup> .....	35
Introdução .....	37
Material e Métodos .....	39
Resultados.....	42
Discussão .....	42
Conclusão.....	45
Agradecimentos .....	45
Declaração de conflito de interesses .....	45
Referências.....	45
V - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DA CARÇAÇA E QUALITATIVAS DA PALETA E DO LOMBO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA <sup>1</sup> .....	54
Introdução .....	56
Material e Métodos .....	58
Resultados.....	64
Discussão .....	68
Conclusão.....	74
Agradecimentos .....	75
Referências.....	75
VI. HAMBÚRGUER DA CARNE DA PALETA DE CABRITOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA <sup>1</sup> .....	94
Introdução .....	96
Material e Métodos .....	98
Resultados.....	105
Discussão .....	109
Agradecimentos .....	121
Referências.....	121

## LISTA DE TABELAS

## IV- DESEMPENHO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA

**Tabela 1.** Composição química dos alimentos utilizados na formulação das rações em g /kg de matéria seca (MS). ..... 50

**Tabela 2.** Composição em matéria seca (g/kg) e química das rações (g/kg MS). ..... 51

**Tabela 3.** Desempenho produtivo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes dietéticos, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 52

**Tabela 4.** Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes das dietas de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes dietéticos, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 53

## V - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DE CARÇAÇA E QUALITATIVAS DA PALETA E DO LOMBO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA

**Tabela 1.** Composição em matéria seca (g/kg) e química das rações (g/kg MS). ..... 86

**Tabela 2.** Características quantitativas da carcaça de cabritos ½Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS)..... 87

**Tabela 3.** Rendimento médio e proporção dos cortes comerciais de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 88

**Tabela 4.** Composição tecidual e química da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 89

**Tabela 5.** Composição tecidual e química do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). .....90

**Tabela 6.** Medidas do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). .....91

**Tabela 7.** Médias das coordenadas de cor, pH e variáveis de textura do músculo Longissimus lumborum de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 92

**Tabela 8.** Atividade sequestradora de radicais e oxidação lipídica da paleta e do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 93

## VI - HAMBÚRGUER DA CARNE DA PALETA DE CABRITOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA.

**Tabela 1.** Composição química do hambúrguer da carne da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).....128

**Tabela 2.** Características qualitativas de hambúrgueres da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).....129

**Tabela 3.** Médias das coordenadas de cor (L\*, luminosidade, a\*, vermelhidão, b\*, amarelamento e Choma) avaliadas durante o armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias, - 18°C) de hambúrgueres da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).....130

**Tabela 4.** Atividade sequestradora de radicais livres pelos ensaios, DPPH· (IC50 mg/mg) e ABTS+ (µM equivalente Trolox /mg) e valores médios da oxidação lipídica (mg MDA /kg), oxidação proteica (nmol de proteína carbonilada /mg) e durante o armazenamento (0, 30, 60, , 90 e 120 dias, - 18°C) de hambúrgueres da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).....131

**Tabela 5.** Valores médios da concentração de ácidos graxos dos hambúrgueres da carne da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).....132

**Tabela 6.** Análise sensorial de hambúrgueres da carne da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).....134

## LISTA DE FIGURAS

## II - INTRODUÇÃO

- Figura 1** - Principais vias do metabolismo de fenilpropanóides e suas interligações..... 4
- Figura 2** - Esquema da síntese de terpenos pelas vias MEV e MEP. .... 6
- Figura 3** - Estrutura molecular do timol e carvacrol..... 7
- Figura 4** - Estrutura molecular do timol e carvacrol..... 8
- Figura 5** - Locais e mecanismos na célula bacteriana considerados locais de ação para componentes de óleos essenciais.. .... 9

## V - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DE CARÇAÇA E QUALITATIVAS DA PALETA E DO LOMBO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA.

- Figura 1** - Esquema de divisão da meia carçaça esquerda de caprinos, em 5 regiões anatômicas: I (pescoço), II (paleta), III (costilhar), IV (lombo), V (pernil) e medidas da carçaça (comprimento da carçaça e comprimento do pernil). Fonte: Colomer-Rocher (1987)..... 85

**Figura 2** - Medidas realizadas no músculo Longissimus lumborum: medida A (comprimento maior), medida B (comprimento menor), medida C (espessura menor de gordura) e medida J (espessura maior de gordura). ..... 85

## VI - HAMBÚRGUER DA CARNE DA PALETA DE CABRITOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA

**Figura 1** - Processamento da carne da paleta de ½Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS). ..... 128

## RESUMO

Objetivou-se, neste estudo, avaliar os efeitos da suplementação com compostos antioxidantes sobre a ingestão, o desempenho produtivo, as características quantitativas da carcaça e qualitativas do músculo *Longissimus Lumborum* de cabritos ½Boer-Saanen. Além do mais, verificar os resíduos da suplementação e seus potenciais efeitos sobre o perfil dos ácidos graxos, da atividade antioxidante e os processos oxidativos em hambúrgueres da carne da paleta dos cabritos. O trabalho foi realizado em duas etapas, sendo os resultados intitulados como capítulos, conforme descritos a seguir. O capítulo IV teve como objetivo avaliar o desempenho e a digestibilidade em 30 cabritos (15 machos e 15 fêmeas) ½Boer-Saanen, com peso vivo médio de  $17 \pm 1,83$  kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados constituindo-se em dois gêneros (machos e fêmeas) e três rações (sem inclusão de compostos antioxidantes (CON); com a inclusão de 300 mg timol/kg MS (TIM) e 300 mg carvacrol/kg MS (CAR), em um período experimental de  $\pm 120$  dias. As rações foram constituídas de silagem de milho como fonte de volumoso e o concentrado à base de farelo de soja, farelo de trigo, milho moído, suplemento mineral-vitamínico e cloreto de amônio. Na ingestão de nutrientes, diferenças ( $P < 0,0001$ ) foram observadas entre as rações avaliadas (COM, TIM e CAR). No que diz respeito a avaliação da ingestão de nutrientes, comparados às fêmeas, os cabritos machos foram superiores ( $P < 0,0001$ ). No capítulo V foram avaliadas as características quantitativas da carcaça e qualitativas do músculo *Longissimus Lumborum*. As características de carcaça, os rendimentos dos cortes e a composição química não foram

alterados ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. Para proporção dos tecidos da paleta, foram observados efeitos ( $P\leq 0,05$ ) dos tratamentos apenas para a proporção músculo:osso. No entanto, entre os gêneros, observou-se diferenças ( $P\leq 0,05$ ), sendo a maior porcentagem de músculo (66,75%) e osso (20,76%) determinados nos machos maiores em relação as fêmeas, e estas apresentaram maior proporção de gordura (16,17%) e proporção músculo:osso (3,42%). A avaliação da composição química do músculo *Longissimus lumborum* não se alterou com a inclusão dos compostos antioxidantes ( $P>0,05$ ). Todavia, quanto aos gêneros, foram observadas diferenças ( $P\leq 0,05$ ) com maiores teores de umidade nas amostras dos cabritos machos. Não foram observados efeitos dos tratamentos ( $P>0,05$ ) nas medidas de área de olho de lombo. No capítulo IV, foram avaliados os resíduos da suplementação sobre o perfil dos ácidos graxos, atividade antioxidante e os processos oxidativos em hambúrgueres da carne da paleta dos cabritos ½ Boer-Saanen. Foram utilizadas 30 paletas de cabritos ½ Boer-Saanen que foram abatidos ao atingirem  $32\pm 2,015$  kg em média. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial  $3\times 5$ , sendo três tratamentos (sem inclusão de compostos antioxidantes, COM; com inclusão de 300 mg timol/kg MS, TIM e 300 mg carvacrol/kg MS, CAR) e cinco períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias, - 18°C). Os tratamentos não influenciaram ( $P\geq 0,05$ ) a composição química dos hambúrgueres. A coordenada de cor  $L^*$  apresentou efeito significativo para tratamento e armazenamento. Para as coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  e chroma foram observados efeitos ( $P<.0001$ ) para o período de armazenamento. No pH, efeitos foram ( $P<0,05$ ) observados para os tratamentos e período de armazenamento. O tratamento CAR apresentou os menores valores (1,418 mg MDA/kg) para a oxidação lipídica ( $P<.0001$ ). Entretanto, na oxidação proteica foram observados que para o tratamento TIM apresentou-se os menores valores (0,567 nmol carbonila /mg de proteína) ( $P<.0001$ ). O ensaio DPPH revelou diferença significativa ( $P<.0001$ ), entre os tratamentos, porém, sem efeitos ( $P\geq 0,05$ ) no ensaio ABTS+. Os compostos antioxidantes (TIM ou CAR) apresentaram efeitos para as proporções totais ácidos graxos saturados (SFA) ( $P<0,0004$ ), ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) ( $P<.0001$ ), ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) ( $P<0,036$ ), ômega 6 (n6) ( $P<0,0253$ ) e a proporção de ômega 6 e ômega 3 (n6:n3) ( $P<0,0264$ ). O tempo de armazenamento (0 e 120 dias) mostrou efeitos sobre a porcentagem total de PUFA/ SFA ( $P<0,0013$ ), MUFA/PUFA ( $P<0,0015$ ), n3 ( $P<0,0122$ ) e n6 ( $P<0,0005$ ). Na análise sensorial foram observados maiores valores para intenção de compra ( $P<0,005$ ) do tratamento TIM. Portanto, conclui-se que, a adição de timol (300 mg/ kg MS) na dieta de cabritos ½Boer-

Saanen resultou em um melhor desempenho dos cabritos e a inclusão de 300mg carvacrol/kg MS apresentou melhor capacidade antioxidante, sendo mais eficaz em combater os processos oxidativos determinados nos hambúrgueres com a carne da paleta. Assim, a suplementação com compostos antioxidantes na dieta foi suficiente para apresentar efeito satisfatório na carne.

**Palavras-chaves:** Antioxidante; avaliação de carcaça; cabritos mestiços; desempenho; *Longissimus Lumborum*

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of supplementation with antioxidant compounds on intake, productive performance, quantitative characteristics of the carcass and qualitative characteristics of the *Longissimus Lumborum* muscle of ½ Boer-Saanen young goats. Furthermore, to verify the supplementation residues and their potential effects on the fatty acid profile, antioxidant activity and oxidative processes in shoulder meat hamburgers from goats. The work was carried out into two stages, with the results titled as chapters, as described below. Chapter IV aimed to evaluate the performance and digestibility of 30 young goats (15 males and 15 females) ½ Boer-Saanen, with an average live weight of 17±1.83 kg, distributed in a randomized block design, constituting two genders (males and females) and three diets (without the inclusion of antioxidant compounds (CON); with the inclusion of 300 mg thymol/kg DM (TIM) and 300 mg carvacrol/kg DM (CAR), in an experimental period of ±120 days. The proportions consisted of corn silage as a source of roughage and concentrate based on soy bean, wheat bran, ground corn, mineral-vitamin supplementation and ammonium chloride. No effects (P>0.05) of treatments were observed. In nutrient intake, differences (P<0.0001) were observed between the evaluated diets (CON, TIM and CAR). With regard to the

evaluation of nutrient intake, compared to females, male young goats were superior ( $P < 0.0001$ ). In chapter V the quantitative characteristics of the carcass and the qualitative characteristics of the *Longissimus Lumborum* muscle were evaluated. Carcass traits, cut yields and chemical composition were not altered ( $P > 0.05$ ) by the treatments. For the proportion of shoulder tissues, effects ( $P \leq 0.05$ ) of the treatments were observed only for the muscle: bone proportion. However, differences were observed between genders ( $P \leq 0.05$ ), with the highest percentage of muscle (66.75%) and bone (20.76%) determined in larger males compared to females, and these had a higher proportion of fat (16.17%) and muscle:bone proportion (3.42%). The evaluation of the chemical composition of the *Longissimus Lumborum* muscle did not change with the inclusion of antioxidant compounds ( $P > 0.05$ ). However, regarding the genders, differences ( $P \leq 0.05$ ) were observed with higher moisture contents in the samples of male young goats. No treatment effects ( $P > 0.05$ ) were observed on loin eye area measurements. In chapter IV, supplementation residues were evaluated on the fatty acid profile, antioxidant activity and oxidative processes in shoulder meat hamburgers from  $\frac{1}{2}$  Boer-Saanen young goats. Thirty shoulder meat of  $\frac{1}{2}$  Boer-Saanen young goats were slaughtered when they reached an average weight of  $32 \pm 2.015$  kg. A completely randomized design was used in a  $3 \times 5$  factorial arrangement, with three treatments (without inclusion of antioxidant compounds, COM; with inclusion of 300 mg thymol/kg DM, TIM and 300 mg carvacrol/kg DM, CAR) and five storage periods (0, 30, 60, 90 and 120 days,  $-18^\circ\text{C}$ ). The treatments did not influence ( $P \geq 0.05$ ) the chemical composition of the hamburgers. The color coordinate  $L^*$  showed a significant effect for treatment and storage. For  $a^*$ ,  $b^*$  and chroma coordinates, effects ( $P < 0.0001$ ) were observed for storage period. On pH, effects were ( $P < 0.05$ ) observed for treatments and storage period. The CAR treatment showed the lowest values (1.418 mg MDA/kg) for lipid oxidation ( $P < 0.0001$ ). However, in the protein oxidation it was observed that for the TIM treatment the lowest values were presented (0.567 nmol carbonyl /mg of protein) ( $P < 0.0001$ ). The DPPH test revealed a significant difference ( $P < 0.0001$ ) between treatments, however, without effects ( $P \geq 0.05$ ) in the ABTS+ test. The antioxidant compounds (TIM or CAR) showed effects for the proportions of total saturated fatty acids (SFA) ( $P < 0.0004$ ), monounsaturated fatty acids (MUFA) ( $P < 0.0001$ ), polyunsaturated fatty acids (PUFA) ( $P < 0.036$ ), omega 6 ( $n_6$ ) ( $P < 0.0253$ ) and the proportion of omega 6 and omega 3 ( $n_6: n_3$ ) ( $P < 0.0264$ ). The storage time (0 and 120 days) showed effects on the total percentage of PUFA/SFA ( $P < 0.0013$ ), MUFA/PUFA ( $P < 0.0015$ ),  $n_3$  ( $P < 0.0122$ ) and  $n_6$  ( $P < 0.0005$ ). In the sensory analysis,

higher values for purchase intention ( $P < 0.005$ ) were observed for the TIM treatment. Therefore, it is concluded that the addition of thymol (300 mg/kg DM) in the diet of ½Boer-Saanen young goats resulted in better performance of the young goats and the inclusion of 300mg carvacrol/kg DM showed better antioxidant capacity, being more effective in avoiding the oxidative processes determined in hamburgers with shoulder meat. Thus, supplementation with antioxidant compounds in the diet was sufficient to present a satisfactory effect on meat.

**Keywords:** Antioxidant; carcass evaluation; crossbred goats; performance; *Longissimus Lumborum*

## I. REVISÃO DE LITERATURA

### II. INTRODUÇÃO

#### *1. Caprinocultura*

A dieta humana é basicamente constituída por proteína, gordura, vitaminas e minerais o que torna a carne uma das principais fontes destes nutrientes. Além de ser uma fonte concentrada de energia, as gorduras da carne intermedeiam a absorção de vitaminas lipossolúveis. Apesar de seus atributos nutricionais positivos, a carne vermelha também é rica em gordura saturada e colesterol (Boada, et al., 2016) desta forma, o consumo excessivo de carne vermelha e produtos dela derivados veem sendo associado ao aumento do risco de desenvolvimento de distúrbios metabólicos (Klurfeld, 2015; Wang et al, 2016).

Com a maior disseminação de informações relevantes sobre o efeito dos alimentos na saúde, os consumidores tornaram-se mais estão mais conscientes e exigentes, portanto, essa maior conscientização resultou em maior demanda por mais alimentos saudáveis ou por produtos que apresentam outros benefícios além de nutrir.

A carne caprina apresenta menor teor de gordura em comparação com outras carnes vermelhas, como carne bovina e ovina (Madruga, et a., 2016; Ivanovi'c, 2011). Em termos de composição química, o teor de gordura e o perfil de ácidos graxos, a carne caprina apresenta menor teor de gordura, gordura saturada e colesterol mas um maior teor de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) (Anaeto et al., 2010; Aghwan et al., 2014) o que torna a carne caprina mais saudável em comparação com outras carnes vermelhas.

Portanto, a carne caprina e seu produtos derivados tem grande potencial para preencher um nicho de mercado especial.

## 2. *Metabólitos secundário das plantas*

Em plantas, é função do metabolismo primário a produção de substâncias como aminoácidos, proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos, para manter as estruturas celulares, armazenamento e utilização de energia (Maeda & Dudareva, 2012; Vranová, Coman, & Gruissem, 2013; Wang et al., 2022) processos necessários para crescimento e funcionamento celular.

Entretanto, as plantas possuem grande diversidade de moléculas biologicamente ativas, que não são comuns a todos os vegetais, caracterizando assim determinados grupos taxonômicos (Chen & Chen, 2000). Estes metabólitos são originados a partir do metabolismo secundário, embora, nem sempre seja necessário o ciclo de vida de uma planta, os compostos secundários desempenham um papel importante na interação das plantas com o meio ambiente.

Os produtos secundários possuem um papel contra a predação por herbívoros, ataque de patógenos, competição entre plantas e atração de organismos benéficos como polinizadores, dispersores de semente e microrganismos simbiotes. Contudo, produtos secundários também possuem ação protetora em relação a estresses abióticos, como aqueles associados com mudanças de temperatura, conteúdo de água, níveis de luz, exposição a radiação ultravioleta e deficiência de nutrientes e minerais. Os compostos secundários, atuam, como aleloquímicos na competição planta-planta, garantindo a adaptação da espécie no ecossistema (Abbas et al., 2022).

Estes metabólitos secundários podem estar relacionados com aromas, sabores e corantes naturais (Brown et al., 1989), variando conforme o estágio de desenvolvimento da planta, comumente referidos como óleos essenciais, estas substâncias, ou conjunto delas veem adquirindo relevância dentro do mercado de produtos comerciais disponíveis para uso, com diversas finalidades.

No mundo contemporâneo verifica-se um grande crescimento no mercado dos produtos naturais, ultrapassando em média 20% ao ano, sendo, as plantas um importante banco de compostos bioativos, apresentando potencial para o desenvolvimento de novos produtos, em razão das diversas propriedades que apresentam. Desta forma, a indústria

tem optado pelo uso de substâncias naturais, conferindo aos produtos um lugar privilegiado no mercado, em decorrência do apelo natural e de suas propriedades aromáticas, antissépticas e conservantes.

### 3. Definição, caracterização química e origem metabólica

Os óleos essenciais, são metabólitos secundários naturais, derivados de plantas aromáticas, caracterizando-se como misturas de terpenoides de substâncias lipofílicas voláteis, geralmente líquidas e odoríferas, podendo ser obtidos dos mais variados órgãos vegetais, tais como: sementes, brotos, flores, folhas, galhos, cascas, raízes e frutos (Kumar et al., 2022).

Normalmente, os óleos essenciais (OE) de plantas da mesma espécie cultivadas em diferentes locais apresentam variações significativas na composição devido às diferentes condições ambientais, como altitude, exposição solar e composição do solo (Figueiredo et al., 2008), essas variações geográficas do rendimento e composição de óleos voláteis foram encontradas em várias espécies, demonstrando que quimiotipos distintos de plantas crescem em locais diferentes (Hussain et al., 2008; Bhatt et al., 2019; Fikry et al., 2019; Tanasescu et al., 2019). Kahn et al. (2019) demonstraram a influência geográfica na composição fitoquímica da *Origanum vulgare L.* cultivadas na Arábia Saudita e Jordânia. Os óleos do caule e das folhas de *Saudi Origanum* contêm carvacrol como o componente principal, contendo 79,5%, seguido por  $\gamma$ -terpineno (óleo de caule 1,9% e óleo de folha 6,2%) e p-cimeno (óleo de caule 1,4% e óleo de folha 3,2%); assim, caracteriza-se como um quimiotipo carvacrol. Em contraste, os óleos de *Origanum* da Jordânia contêm timol como componente majoritário, contendo 68,7% no óleo do caule e 59,1% no óleo da folha, enquanto seus precursores biossintéticos  $\gamma$ -terpineno (óleo do caule 0,4% e óleo da folha 17,0%) e p-cimeno (óleo do caule 1,6% e óleo da folha 6,8%). Portanto, caracteriza-se como um quimiotipo timol.

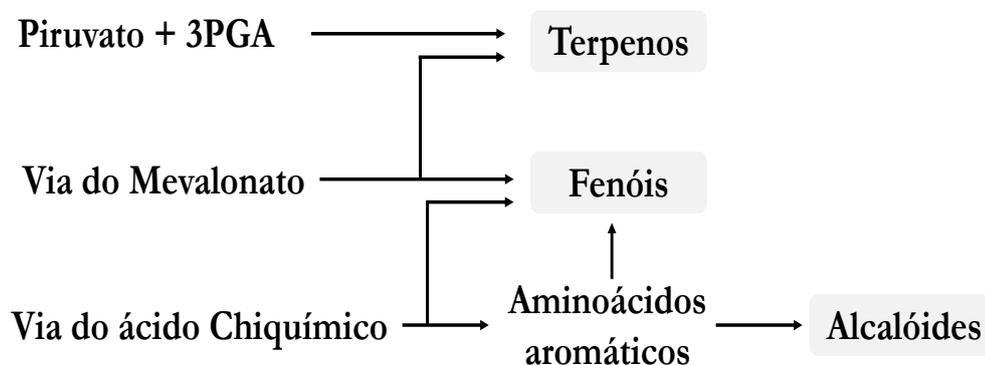
Outro fator que interfere na composição dos compostos foi descrito por Bistgani et al. (2019), demonstraram que o estresse apresenta efeito na composição dos compostos fenólicos, ao avaliar a irrigação salina utilizando diferentes concentrações de NaCl (0, 30, 60 e 90 mM), no crescimento, características fisiológicas, compostos fenólicos e atividade antioxidante de *Thymus vulgaris L.* e *Thymus daenensis L.* Em geral, a maior atividade obtida pelo extrato metanólico de *Tymus vulgaris L.* (69,7% de inibição) que foi

ligeiramente superior à de *Thymus daenensis L.* (61,2%) após irrigação com NaCl 90 mM, a relativa tolerância ao sal de ambas as espécies pode estar relacionada à exclusão de Na<sup>+</sup> do sistema vascular para proteger os tecidos da toxicidade do sal e também ao aumento do conteúdo fenólico e da atividade sequestradora de radicais.

Portanto o estresse causado pelos fatores bióticos ou abióticos modulam o comportamento da planta e pode ser utilizado para aumentar a produção de compostos bioativos a partir do metabolismo secundário, possibilitando maiores rendimentos nos óleos essenciais de compostos bioativos (Bistgani et al., 2019)

A designação “óleo” advém de algumas de suas características físico-químicas, a exemplo do fato de grande parte serem líquidos a temperatura ambiente, de aparência oleosa, diferindo dos óleos fixos por sua volatilidade, uma de suas principais características (Simões & Spitzer, 1999). O termo “essenciais” é empregado devido ao cheiro prazeroso que possuem (Calsamiglia et al., 2007). Em geral, a via extração por arraste de vapor d’água (hidrodestilação) ou por solventes orgânicos é o método mais comumente empregado.

Existem três grandes grupos de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos e alcalóides (Figura 1). Os terpenos são feitos a partir do ácido mevalônico (no citoplasma) ou do piruvato e 3-fosfoglicerato (no cloroplasto). Os compostos fenólicos são derivados do ácido chiquímico ou ácido mevalônico. Por fim, os alcalóides são derivados de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico e também de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina) (Taiz & Zeiger, 2004).



**Figura 1** - Principais vias do metabolismo de fenilpropanóides e suas interligações.

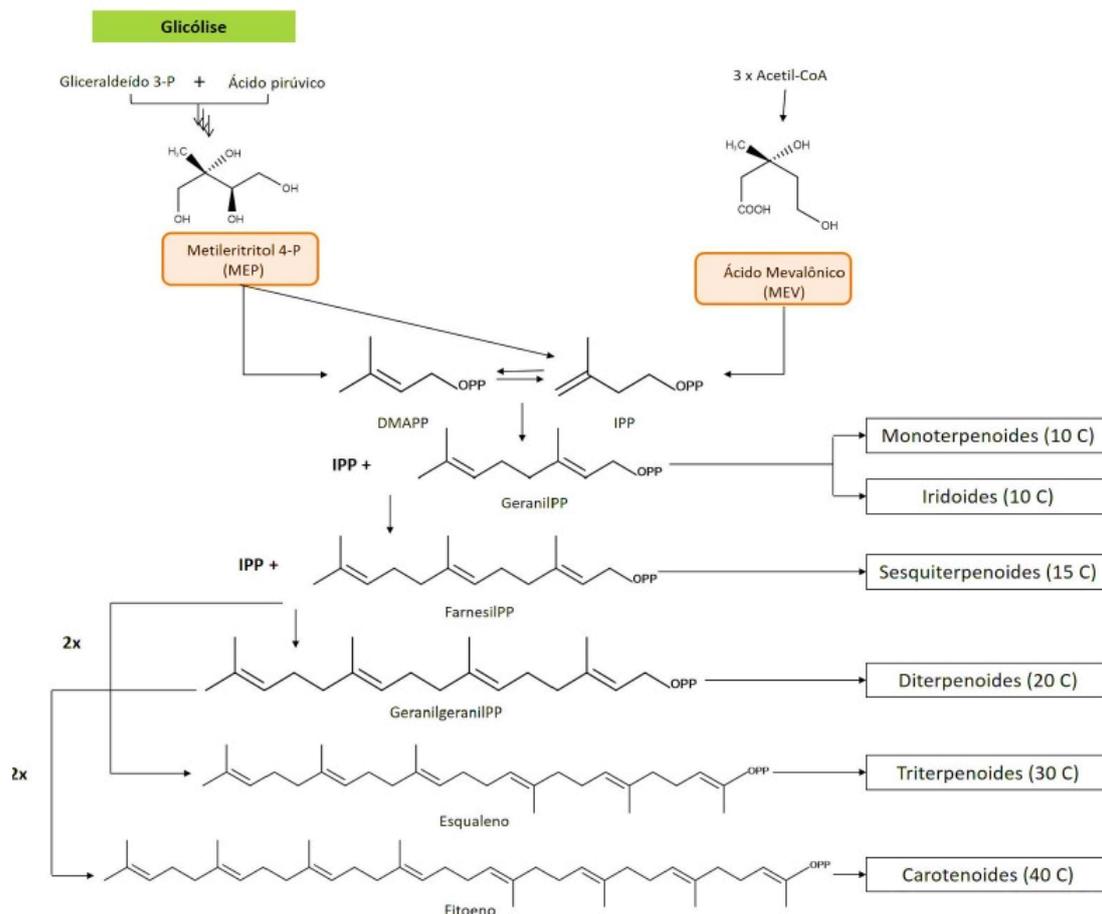
Fonte: adaptado de Taiz & Zeiger (2004).

Os compostos mais importantes dos óleos essenciais estão distribuídos entre os terpenóides (monoterpenos e sesquiterpenos) e fenilpropanóides. Estes dois grupos são originários de diferentes precursores do metabolismo primário e são sintetizados através de vias metabólicas diferentes como descrito na Figura 1.

Os terpenoides ou terpenos, representam a segunda maior classe de constituintes de plantas, perdendo apenas para os alcaloides (Larcher & Assis Prado, 2000) compreendem cerca de 30.000 compostos, subdivididos em várias subclasses de acordo com o número de unidades de isopreno, que combinam em ligações cabeça-cauda, originando assim os hemiterpenos (C5 – um isopreno), monoterpenos (C10 – dois isoprenos), sesquiterpenos (C15 – três isoprenos), diterpenos (C20 – quatro isoprenos), sesterpenos (C25 – cinco isoprenos), triterpenos (C30 – seis isoprenos) e tetraterpenos (C40 – oito isoprenos) (Dubey et al., 2003).

Os terpenos são sintetizados por duas principais rotas metabólicas distintas. Sendo à via do ácido mevalônico, descrita como a primeira rota, ocorre a partir do grupo acetil da acetil-coA, no citoplasma da célula vegetal, resultando na formação do isopentenil fosfato (IPP), o qual servirá de base para a síntese dos terpenos (Campbell, 2005; Voet, 2006) (Figura 2). A segunda rota, acontece nos cloroplastos reconhecida como rota do metileritritol fosfato (MEP), levando à formação do isopentenil fosfato (IPP), por meio da reação de condensação entre uma molécula de gliceraldeído-3-fosfato e piruvato, originando o dimetilalil-difosfato (DMAPP) (Dewick, 2009).

A ligação do IPP e DMAPP forma o geranildifosfato (GPP), uma molécula de 10 carbonos, a partir da qual são formados os monoterpenos. O GPP pode se ligar a outra molécula de IPP, formando um composto de 15 carbonos, o farnesil difosfato (FPP), precursor da maioria dos sesquiterpenos. A adição de outra molécula de IPP ao FPP forma o geranilgeranil difosfato (GGPP), um composto de 20 carbonos, precursor dos diterpenos. Por último, dímeros de FPP e GGPP são precursores dos triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40), respectivamente (Figura 2). Cada uma destas classes de terpenos possui uma ampla gama de funções nas plantas.



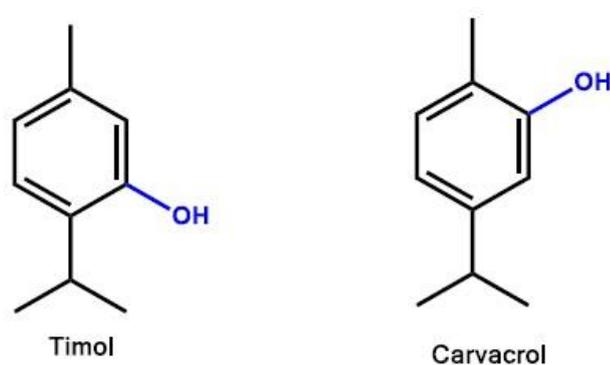
**Figura 2** - Esquema da síntese de terpenos pelas vias MEV e MEP.

Fonte: Coutinho Neto (2017).

Os monoterpenos são os expressivos desta classe de compostos (Bakkali et al., 2008), dois monoterpenos fenólicos da família Lamiaceae, o timol e o carvacrol, frequentemente encontrados no tomilho e no orégano, têm atraído a atenção de pesquisadores de diversas partes do mundo, empenhados em investigar suas atividades farmacológicas, provavelmente pelo fato de tais óleos essenciais estarem envolvidos em distintos mecanismos de proteção natural aos organismos vivos, desde as ações mais simples, como a herbicida, até as mais complexas, como microbicida (antifúngica, antibacteriana), anti-toxicidade, antioxidante, anticancerígena, antiespasmódica, leishmanicida.

#### 4. Timol e carvacrol (características/ aspectos físicos e químicos)

Descritos como monoterpenos fenólicos, o timol e o carvacrol são estruturalmente similares, diferindo apenas pela posição ocupada pelo grupo orto à hidroxila no anel aromático, uma vez que os dois compostos são isômeros de posição. Enquanto no timol, temos o substituinte isopropil, no carvacrol verifica-se um substituinte metil, apresentando fórmula molecular  $C_{10}H_{14}O$ , massa molecular de 150,22 g/mol, com estruturas químicas similares, (Figura 3).



**Figura 3** - Estrutura molecular do timol e carvacrol.

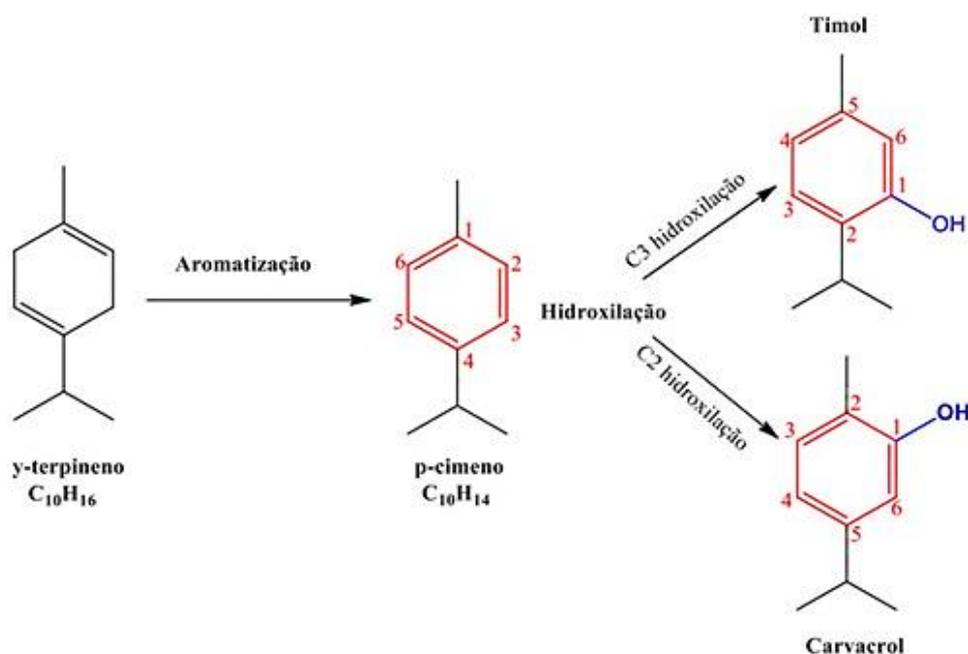
O timol [5-metil-2-(1-metiletil)-fenol], consiste em um sólido branco cristalino, apresenta boa solubilidade em álcool e outros solventes orgânicos, ligeiramente solúvel em água em pH neutro, com ponto de fusão 52 °C e ponto de ebulição 223 °C (Llana-Ruiz-Cabello, 2014; Nieddu et al., 2014; Stahl-Biskup & Saez, 2005).

O carvacrol (2-metil-5-(1-metiletil)-fenol) é um líquido de coloração amarela (Kimura *et al.*, 2006). Apresenta ponto de fusão 2 °C e ponto de ebulição variando entre 234 a 236 °C e densidade de 0,975 g/mL (Neves, 2009)

Por serem muito voláteis são igualmente instáveis do ponto de vista químico, sofrendo alterações frente aos fatores ambientais externos com a luz, a temperatura e o oxigênio, limitando em parte os usos e aplicações desses compostos. Timol e carvacrol são monoterpenos fenólicos, tendo como precursor biossintético o  $\gamma$ -terpineno, que inicialmente sofre ciclização aromática, seguida de hidroxilação, dando origem ao p-cimeno (Poulose & Croteau, 1978).

Desta forma, a grande maioria das espécies produtoras de timol e carvacrol apresentam na composição dos seus óleos essenciais alguma porcentagem de  $\gamma$ -terpineno

e p-cimeno isolados ou combinados, sugerindo, assim, um mecanismo biossintético comum para ambos (Figura 4) os monoterpenos fenólicos, timol e carvacrol.



**Figura 4** - Estrutura molecular do timol e carvacrol.

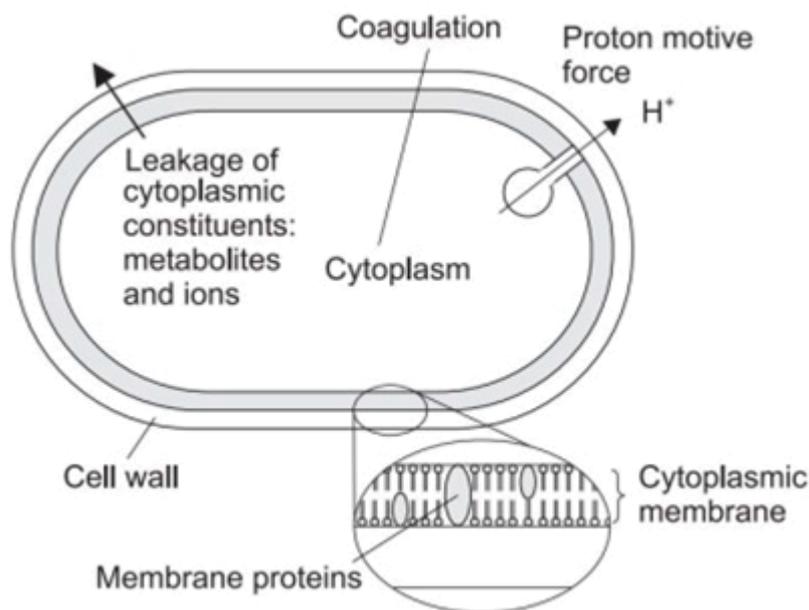
Fonte: adaptado de Naghdi Badi et al. (2017).

##### 5. *Modo de ação antibacteriana dos compostos secundários*

O modo de ação dos óleos essenciais não foi totalmente elucidado, em decorrência dos diferentes grupos de compostos químicos presentes nos OEs, possivelmente, é mais provável que sua atividade antibacteriana não seja atribuível a um mecanismo específico, mas que exista vários alvos na célula (Burt, 2004). Isto inclui a degradação da parede celular, danos às proteínas de membrana, danos à membrana citoplasmática (alteração na fluidez), extravasamento de constituintes citoplasmáticos, depleção da bomba de prótons e coagulação do citoplasma (Lambert et al., 2001; Carson, Mee & Riley, 2002; Burt, 2004; Bakkali et al., 2008).

Sugere-se que a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais está relacionada principalmente ao seu composto majoritário, embora alguns autores mencionem a sinergia com os compostos minoritários (Burt, 2004; Bakkali et al., 2008). A ação sinérgica entre os componentes dos óleos possibilita tais efeitos, bem como a geração de efeitos antagônicos em função aumento do potencial do óleo. Nem todos os efeitos são

resultados de mecanismos em alvos específicos, alguns são afetados como consequência de outro mecanismo agindo (Figura 5).



**Figura 5** - Locais e mecanismos na célula bacteriana considerados locais de ação para componentes de óleos essenciais. Fonte: Burt (2004).

A perda do conteúdo celular pode ou não ocorrer, embora a célula bacteriana tolere certa quantidade de perda do conteúdo celular, sem alterar sua viabilidade, perda significativa do conteúdo celular ou a saída de moléculas e íons críticos podem levar a morte. Gallegos-Flres (2019) avaliaram a exposição da *Escherichia coli* ao Timol, tendo este provocado a liberação de fosfolipídios, causando a ruptura da membrana externa. O timol demonstrou um amplo espectro de atividade contra grande variedade de bactérias Gram positivas e Gram negativas (Du et al., 2015).

O mecanismo de ação antibacteriano sugere que implica a ruptura da membrana externa e interna e a interação com proteínas de membrana e dianas intracelulares das bactérias, afetando a permeabilidade da membrana (Di Pasqua et al., 2010).

É possível que a atividade dos componentes principais seja condicionada por outras moléculas. É também, provável que diversos componentes em simultâneo, nos óleos essenciais, desempenhem funções na definição da densidade, da fragrância, da textura, da cor e principalmente, funções na capacidade de penetrar nas células, na atração

lipofílica ou hidrofílica e na fixação nas paredes das membranas de células (Bakkali et al., 2008; Rocha et al., 2012).

### 6. Atividade biológica dos óleos essenciais

Diferenças na atividade antibacteriana existentes entre óleos essenciais de diferentes espécies de plantas, constantemente são atribuídas aos seus compostos químicos (Tajkarimi, Ibrahim & Cliver, 2010). Sabe-se que a composição química dos óleos essenciais, pode variar (quimiotipo) de acordo com a origem geográfica e o período de colheita. Portanto, é possível afirmar que a composição dos óleos essenciais possibilita variabilidade no modo de ação e conseqüentemente, na susceptibilidade das bactérias (Burt, 2004).

Sugere-se que o mecanismo de ação dos óleos essenciais age alterando a permeabilidade da membrana celular, desta forma, ocorre ruptura da membrana externa e interna, interação com as proteínas da membrana e as dianas intracelulares das bactérias (Di Pasqua et al., 2010). Alijabeili et al. (2018) verificaram que o óleo essencial do tomilho (*Thymus vulgaris L.*) tendo o timol (41,04%) como composto majoritário, apresentou atividade antimicrobiana em testes *in vitro* reduzindo a contagem bacteriana mínima (MIC), contra muitas bactérias patogênicas melhor do que os antibióticos padrão. Este resultado possibilita sua utilização como fonte alternativa de agentes antibacterianos e para potenciais aplicações em produtos alimentícios.

O óleo essencial de *Origanum vulgare* foi avaliado por Simirgiotis et al. (2020), os principais componentes do óleo essencial de orégano foram identificados, sendo o timol (15,9%), hidrato de Z-sabineno (13,4%), -terpineno (10,6%) e p-cimeno (8,6%) observados em maiores porcentagens. Os testes antibacterianos mostraram que as bactérias patogênicas *Staphylococcus aureus* e *Salmonella enterica* e as bactérias fitopatogênicas *Erwinia rhapontici* e *Xanthomonas campestris* foram as mais suscetíveis ao óleo de orégano, com as menores concentrações de óleo necessárias para inibir seu crescimento bacteriano.

O efeito antimicrobiano foi testado por Bajer et al. (2017) com o óleo essencial de *Epilobium parviflorum Schreb.* contra cinco microrganismos, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*. Principalmente composto por monoterpenóides (38,9%) o óleo essencial de *Epilobium*

*parviflorum* Schreb demonstrou atividade antibacteriana significativa, inibindo o crescimento de todas as bactérias testadas.

O óleo essencial de *Chrysanthemum morifolium* Ramat (*C. morifolium*), mostrou atividade antibacteriana promissora contra 5 cepas avaliadas (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus subtilis*). Um total de 56 compostos foram identificados no óleo volátil de *C. morifolium*, sendo os principais constituintes os compostos monoterpenos e sesquiterpenos, sendo o a-curcumeno composto mais abundante (12,55%) (Kuang et al., 2018). A atividade antibacteriana pode, em parte, estar associada ao sesquiterpeno a-curcumeno, relatado anteriormente por sua atividade antibacteriana (Schwob et al., 2002). Além disso, outros compostos em menor quantidade como b-bisaboleno e bisabolol, já são conhecidos por apresentarem ação antibacteriana (Kamatou & Viljoen, 2010; Forrer et al., 2013), contribuindo para a atividade antibacteriana do óleo de *C. morifolium*.

Os efeitos antimicrobianos dos óleos essenciais de plantas da família *Apiaceae* foram investigados por Khalil et al. (2018). Os resultados do método de difusão em ágar-poço revelaram que as zonas de inibição máximas foram obtidas com óleos de *Cuminum cyminum* L. (cominho), *Coriandrum sativum* L. (coentro), e *Carum carvi* L. (cominho) contra as cepas bacterianas padrão *Escherichia coli*, *Bordetella bronchiseptica* seguidas de *Staphylococcus aureus*. Os resultados do método de contagem de tempo de morte viável revelaram que o óleo de coentro teve a maior atividade antimicrobiana com mais de 99,99% de morte das células expostas das cepas padrão de *E. coli* e *Bordetella bronchiseptica*. Limoneno (46,48%) e carvona (50,6%) foram os principais compostos identificados no óleo de cominho, enquanto o linalol (70,93%) foi o principal composto identificado no óleo de coentro.

O óleo essencial de cominho (*Carum carvi* L.) em sua maioria formado por limoneno (46,48%) e carvona (50,6%) apresenta resposta compensatória ao dano da parede celular através da expressão excessiva de vários genes envolvidos com a via de sinalização da integridade da parede celular, levando a alterações na estrutura e função da parede celular fatores esses atribuídos ao limoneno.

Em trabalho desenvolvido por Plavšić et al. (2020) óleo essencial de *Mentha piperita* foi empregado com objetivo de identificar sua efetividade na atividade antifúngica. Foram identificados 27 componentes, sendo os principais mentol (39,9%), menton (23,51%), acetato de mentila (7,29%), 1,8-cineol (5,96%), isomenton (5,24%), isomentol (3,17%), trans-cariofileno (2,88%), limoneno (2,14%), pulegon (1,38%), beta-

pineno (1,14%) e piperiton (1,03%). O óleo essencial de *Mentha piperita* apresentou atividade antifúngica contra todos os isolados de mofo testados. Segundo os autores o óleo apresentou atividade antifúngica muito alta devido ao alto teor de mentol (39,9%) um composto antifúngico bem conhecido.

Utilizando óleo essencial de *E. urophylla* com componentes monoterpenos (32,45%) e sesquiterpenos (30,92%), sendo o  $\gamma$ -pineno (17,02%) composto majoritário, cerca de 17,02%. Zhou *et al.* (2021) mostraram que o óleo essencial de *E. urophylla* foi efetivo em eliminar radicais livres 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH<sup>•</sup>) e 2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS<sup>+</sup>). mostrando uma boa capacidade de depuração de radicais livres. Além disso, o óleo essencial de *E. urophylla* inibiu eficientemente o crescimento de seis tipos de bactérias, bem como sete tipos de patógenos de plantas, especialmente *Salmonella typhimurium* e *Colletotrichum gloeosporioides*. Ademais, o óleo essencial de *E. urophylla* apresentou excelente atividade fitotóxica, ao inibir a germinação de plântulas de *Raphanus sativus*, *Lactuca sativa*, *Lolium perenne* e *Bidens pilosa*.

Ao analisar duas variedades de *Origanum vulgare L.* cultivados na Arábia Saudita e Jordânia, Khan *et al.* (2019) identificaram 153 fitoquímicos. No entanto, o Saudi *Origanum* contém carvacrol como componente majoritário e o *Origanum jordaniano* contém timol como componente majoritário.

Além disso, as atividades antimicrobianas dos OE estudados e seus principais componentes, incluindo carvacrol e timol, foram avaliados contra vários microrganismos Gram-positivos e Gram-negativos. Todos os compostos testados exibiram atividade antimicrobiana significativa contra todas as bactérias testadas. Dentre eles, o timol demonstrou atividade superior contra todos os organismos testados, seguido pelo carvacrol e os resultados da composição do óleo *Origanum vulgare L.* confirmam a interferência do local cultivo das plantas.

A composição do *Origanum vulgare L.* assim como de outros óleos essenciais, depende do clima, altitude, tempo de recolhimento, e o estágio de crescimento (Arcila-Lozano *et al.* (2004). Bisht *et al.* (2009) observaram relatam valores para carvacrol (1,1%) em óleo de *Origanum vulgare L.* cultivados no noroeste do Himalaia a 3200 m acima do nível do mar. Simirgiotis *et al.* (2020) também identificaram valores próximo aos citados para óleos de orégano cultivado a 3000 m acima do nível do mar.

Esse fato pode ser atribuído as características ambientais da região árida andina, sendo os altos níveis de radiação responsáveis pela concentração de alguns monoterpenos fenólicos no óleo essencial conforme relatado por Naghdi Badi et al. (2017).

### 7. *Atividade antioxidante*

O estresse oxidativo é o resultado do desequilíbrio na produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) e a capacidade antioxidante das células (Birben et al., 2012). São descritas como ERO, o ânion superóxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radicais hidroxila (OH), constantemente produzidos em células aeróbicas pela redução incompleta de  $O_2$  molecular a  $H_2O$  durante a fosforilação oxidativa mitocondrial (Birben et al., 2012).

As ERO, podem ser geradas a partir de diversos processos fisiológicos, como inflamação, infecção, estresses mecânicos e químicos e exposição a raios UV e radiação ionizante. Sabe-se que ERO em níveis basais, atuam como moléculas de sinalização para ativar a proliferação celular, sobrevivência, apoptose, diferenciação, respostas imunes, motilidade e vias responsivas ao estresse (Rhee, 2006; Sena & Chandel, 2012).

Entretanto, a produção excessiva de ERO desencadeiam danos irreversíveis ao DNA, como quebras de fita simples ou dupla, modificações de base e ligações cruzadas de DNA que, em última análise, levam à morte celular (Trachootham et al., 2006; Gorrini et al., 2013). Modificações também são descritas em proteínas e lipídeos, que, não reparados, causam mutações e podem levar a carcinogênese (Wiseman, 1993).

Os compostos secundários encontrados em muitas plantas possibilitam redução do dano oxidativo, previne a mutagênese, carcinogênese e o envelhecimento devido às suas atividades de eliminação de radicais (Coccimiglio et al., 2016; Sharifi-Rad et al., 2017; Sharifi-Rad et al., 2018).

Inúmeras observações epidemiológicas demonstraram relação inversa entre o consumo de alimentos à base de plantas, ricos em fitoquímicos, e a incidência de câncer. Os metabolitos secundários ou fitoquímicos, através de suas propriedades antioxidantes, desempenham um papel fundamental na quimioprevenção do câncer, suprimindo o dano ao DNA induzido pelo estresse oxidativo, modulam várias vias de sinalização mediadas pelo estresse oxidativo por meio de seus efeitos antioxidantes e, finalmente, protegem as

células de sofrer alterações moleculares que desencadeiam a carcinogênese (Chikara et al., 2018).

As enzimas antioxidantes hepáticas são bem conhecidas como a primeira linha de defesa contra as ERO produzidas durante o estresse oxidativo. A superóxido dismutase (SOD) transforma os radicais superóxido em peróxido de hidrogênio e água (Kappus, 1985; Kohen & Nyska, 2002). Então, CAT metaboliza o peróxido de hidrogênio em oxigênio molecular e água (Van Der Oost et al., 2003). A glutathiona peroxidase (GPx) também é responsável por catalisar peróxido de hidrogênio e peróxidos lipídicos em água e álcoois lipídicos (Moreno et al., 2005).

O extrato de orégano (*Origanum vulgare L.*) e seus efeitos foram investigados por Rafieepour et al. (2019) em peixes truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), sobre o estresse oxidativo e a toxicidade induzida pelo pesticida organofosforado, diazinon (0,287 mg/L), medindo enzimas antioxidantes e metabólicas. Em conclusão, foi possível demonstrar que o extrato de orégano em níveis dietéticos ótimos (6 e 10 g extrato de orégano/kg de dieta) moderou a toxicidade induzida pelo diazinon em trutas arco-íris, aumentando o sistema antioxidante do fígado e protegendo os hepatócitos.

O óleo essencial tomilho (*Thymus vulgaris L.*) foi investigado por Alijabeili et al. (2018) quanto suas propriedades antibacterianas e antioxidantes em experimento *in vitro*. O óleo essencial de tomilho demonstrou alta capacidade antioxidante com redução de 68,9% quando avaliada pelos ensaios de clareamento com  $\beta$ -caroteno, alta atividade para eliminar os radicais, DPPH<sup>•</sup> (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) e o ABTS<sup>+</sup> (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid)), deterioração do ácido linoleico e atividade de quelação do ferro. Os resultados apresentados foram relacionados a alta quantidade de terpenos na composição do óleo, confirmada pela análise de componentes por GC-MS. O óleo essencial de tomilho tem o timol (41,04%) como composto majoritário e mais de 14 componentes: 1,8-Cineol (14,26%),  $\gamma$ -Terpineno (12,06%), p-Cymene (10,50%) e  $\alpha$ -Terpineno (9,22%).

Capacidade antioxidante também relatada por Bistgani et al. (2019) para o *Thymus vulgaris L.* e *Thymus daenensis Celak*. Observou que, a quantidade de conteúdo fenólico total em todos os tratamentos variou de 13,1 a 16,5 mg GAE/g dw. O estudo indicou que os extratos metanoicos de tomilho que apresentam os maiores valores de atividade sequestradora de radicais livres (DPPH<sup>•</sup>) são aqueles com maior teor de componentes fenólicos de acordo com a análise de HPLC.

## 8. *Mecanismos da oxidação de lipídeos e proteínas*

### 8.1. *Oxidação Lipídica*

A rica diversidade dos compostos bioativos possibilitam seu uso com implicações pró-saúde, os compostos encontrados nas plantas, fomentam sua utilização pela indústria de processamento de carnes na prospecção do desenvolvimento de produtos seguros com elevada vida útil.

Entretanto, a oxidação de lipídeos e dos pigmentos são descritas como as principais causas da deterioração da qualidade da carne fresca e processada durante a estocagem, induz alterações indesejáveis na cor, sabor e valor nutritivo (Faustman et al., 2010, Wu et al., 2015; Wu et al., 2016). A carne fresca e muitos produtos de carne processada são suscetíveis à oxidação, pois a conversão do músculo em carne após o abate interrompe o equilíbrio entre fatores (pró)oxidativos e antioxidantes (Richards, 2010).

O dano oxidativo pode ser entendido como a transferência de elétrons entre moléculas, uma que se oxida para outra que se reduz. Durante a oxidação, o agente oxidante poderá abstrair um elétron na forma de átomos de hidrogênio de uma molécula susceptível através da formação de radicais livres pela ação das substâncias reativas de oxigênio (ROS) ou de nitrogênio (RNS) (Kapoor et al., 2019).

A composição da carne, principalmente as quantidades de lipídios presentes e a razão ácido graxo poli-insaturado (PUFA)/ ácido graxo saturado (SFA) são fatores que aceleram a oxidação (Kumar et al., 2015), principalmente na forma de fosfolipídios, desta forma, a oxidação de lipídios e proteínas torna-se a principal causa não microbiana da deterioração da carne, influenciando na qualidade do produto (Xiao, Zhang, Lee & Ahn, 2013).

Além disso, a concentração de mioglobina e ferro ferroso na fração proteica são fatores que também podem influenciar a taxa de oxidação da carne (Ladikos & Lougovois, 1990; Faustman et al., 2010) servindo como iniciadores ou catalizadores na formação dos radicais livres. Carnes vermelhas e escuras possuem maior concentração de mioglobina, apresentando mais pigmentos heme e ferro reativo, que são conhecidos por catalisar a oxidação lipídica (Chaijan, 2008; Faustman et al., 2010).

O início do processo da oxidação lipídica ainda é fonte de controvérsia (Gray et al., 1992). Em razão do comportamento apresentado entre um ácido graxo insaturado e uma molécula de oxigênio não ser uma reação espontânea. Na verdade, o oxigênio está

no estado eletrônico tripleto, enquanto as ligações duplas dos ácidos graxos estão no estado eletrônico singleto.

Este aspecto determina que eles não possam reagir diretamente devido aos diferentes estados de spin (Min & Ahn, 2005; Chen, McClements & Decker, 2011). Além disso, o oxigênio tripleto também não pode se converter em estados singleto (Chen, McClements & Decker, 2011). Portanto, antes da reação, o oxigênio deve ser ativado resultando na formação de oxigênio singleto ( $^1\text{O}_2$ ) ou uma espécie reativa de oxigênio como peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), ânion superóxido ( $\text{O}_2^\bullet$ ) e radical hidroxila ( $\text{OH}^\bullet$ ) (Erickson, 2002). É bem aceito que a ativação do oxigênio é mediada por uma fonte de energia (temperatura ou luz) e/ou pela presença de compostos catalíticos como metais de transição (íons de ferro ou cobre) (Min & Ahn, 2005).

O controle da oxidação em carnes e produtos cárneos torna-se cada vez mais importante decorrente da maior produção e consumo de comidas congeladas e pré-prontas (Faustman, Yin & Tatiyaborworntham, 2010). Após o abate dos animais e durante os eventos *post mortem*, ocorre um desequilíbrio entre os componentes pro-oxidantes e antioxidantes da célula muscular devido as alterações bioquímicas resultado da conversão do músculo em carne, promovendo a degradação oxidativa de lipídeos e proteínas (Morrissey et al., 1998).

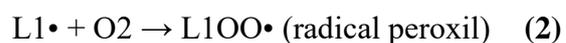
A oxidação consiste na reação em cadeia via formação de radicais livres, os mecanismos químicos envolvidos nesta reação podem ser divididos em três etapas: iniciação, propagação e terminação. Apesar da oxidação ser considerada como um processo auto catalítico, ou seja, uma vez iniciado se propaga de modo independente, é necessário um iniciador ou catalisador que remova um hidrogênio de uma molécula vulnerável, originando um radical livre (Eskin & Shahidi, 2015).

Na fase inicial, ocorre a formação do radical hidroxil ( $\text{OH}^\bullet$ ), descrito como principal radical responsável pela iniciação da oxidação (Choe & Min, 2005). Apesar disso, em decorrência da quantidade considerável de compostos formados estes processos são bastante complexos (Davies & Dean, 2003).

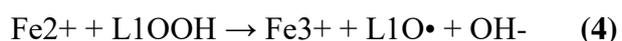
Em contato com um catalizador ocorre a formação do radical lipídico “alquila” (reação 1), a partir deste, outros radicais (reação 2) poderão ser formados, apresentando maior poder oxidante (peroxil, hidroxil, etc.).



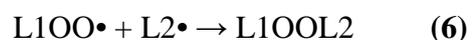
A formação de radicais com maior poder oxidante caracteriza a fase de propagação, onde, o radical formado aderi outro hidrogênio de uma molécula vulnerável iniciando reação em cadeia com formação de mais radicais livres (reação 3) e hidroperóxidos (LOOH) como produto primário da oxidação dos lipídeos. (Lund et al., 2011).



Existe a possibilidade que os hidroperóxidos formados interajam com metais de transição ( $Fe^{2+}$  e  $Cu^+$ ), gerando radicais peroxil e alcóxil (reação 4). Esta reação de degradação dos hidroperóxidos por íons metálicos denomina-se reação de Fenton (Fenton, 1984).



Por fim, através de mecanismos distintos os radicais livres formados se rearranjam e reagem entre si para formar produtos estáveis (fase de terminação). Desta forma, pode haver a recombinação entre dois radicais alquila com a formação de polímeros de alcanos (reação 5), ou os radicais peroxil podem reagir com outros compostos, formando os peróxidos de alquila (reação 6). Ainda podem haver formação de álcoois, cetonas, éteres e aldeídos insaturados como o malonaldeído (MDA), os quais são considerados como produtos secundários da oxidação lipídica, o método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) (TBARS) determina por reação colorimétrica os compostos secundários com o TBA por espectrofotometria, sendo os resultados expressos como malonaldeído (MDA), uma vez que este composto é um dos aldeídos mais abundantes gerados na etapa final da oxidação lipídica.



Apesar disso, a fase final não encerra o processo oxidativo, pois há a formação, ainda que lenta e em baixa concentração, de radicais reativos que podem reagir com lipídeos insaturados (Eskin & Shahidi, 2015). Segundo Estévez; Morcuende; Ventanas (2008), o metabolismo anaeróbico, a parada do sistema de circulação sanguínea e do aporte de nutrientes, a perda dos mecanismos de proteção enzimática associados aos eventos pós abate tais como a queda brusca do pH, temperatura da carcaça e o uso de técnicas de amaciamento (i.e., estimulação elétrica) favorecem a descompartimentalização celular, liberando íons metálicos (principalmente ferro) responsáveis pela catálise das reações de oxidação lipídica.

Desta forma, o desequilíbrio entre os componentes pro-oxidantes e antioxidantes do tecido muscular iniciada a partir das modificações bioquímicas pelo processo da conversão do músculo em carne, causam a oxidação descontrolada da fração fosfolipídica insaturada das membranas celulares.

## 7.2. Oxidação proteica

As principais alterações causadas pela oxidação de proteínas na carne são a formação de carbonilas de proteínas, perda de grupos sulfidrilas e formação de ligações cruzadas de proteínas (Lund et al., 2011), que resultam em alterações de cor, com oxidação do pigmento oximioglobina (vermelho) e formação de metamioglobina (marrom) (Johns; Birkinshaw & Ledward, 1989) alterações na textura, perda de qualidade nutricional incluindo aminoácidos e digestibilidade e funcionalidade da proteína.

Os mecanismos químicos envolvidos nas reações de oxidação das proteínas seguem as mesmas fases (iniciação, propagação e terminação) descritas na oxidação de lipídios. Iniciando com a molécula proteica vulnerável sendo abstraída um hidrogênio por um radical livre, formando um radical proteico (reação 7), que na presença de oxigênio molecular é convertido em radical peroxila (reação 8).



Os produtos finais ao final do processo oxidativo dependerão como a reação se inicia (Lund et al., 2011). Entretanto, as espécies reativas de oxigênio (ROS) são

apontadas como principais agentes pro-oxidantes, indicadas como iniciadores da oxidação em proteínas, tais como radicais superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ) e hidroperoxila ( $HO_2^{\bullet}$ ) e espécies não radicais como o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e os hidroperóxidos (ROOH).

Na sequência, a etapa de propagação é desencadeada com a formação do peróxido de alquila e de mais um radical proteico (reação 9), pela incorporação de hidrogênio de uma molécula proteica adjacente pelo radical peroxila.



Conforme exposto, o peróxido de alquila pode reagir com outras ROS e metais de transição formando radicais alcoxila (reações 10 e 11). Este radical poderá apresentar dois principais comportamentos distintos, poderá incorporar um átomo de hidrogênio de outra molécula proteica vulnerável ou interagir com outros radicais livres dando origem a derivados hidroxilados (reação 12).



É na fase de terminação que o radical proteico poderá apresentar ligações cruzadas com outros radicais proteicos, formando um agregado, ou com os produtos secundários da oxidação lipídica (malonaldeídos), dando origem aos compostos carbonílicos. Porém, pode haver a formação de fragmentos peptídicos quando os radicais com potencial oxidativo atacam diretamente a cadeia polipeptídica (Estévez, 2011).

Dentre os fatores que podem influenciar a velocidade da oxidação na carne, podemos destacar os fatores intrínsecos como a composição lipídica, presença de metais de transição, nível de mioglobina, atividade de água, pH e fatores extrínsecos como temperatura, luz e radiação (Estévez; Morcuende & Ventanas, 2008).

De acordo com a literatura, as estratégias nutricionais e tecnológicas possibilitam proteção a qualidade da carne, agindo sobre os lipídeos e proteínas contra as reações de oxidação. O uso de compostos que apresentem propriedades antioxidante (vitamina E,

vitamina C, tocoferol e carotenoides por exemplo) e/ou modificação da alimentação dos animais visando alterar a composição lipídica da carne em termos de ácidos graxos são estratégias tecnológica que buscam o controle dos fatores que potencializam a oxidação na carne.

Sabe-se, que o enriquecimento da carne com substâncias naturais que possuam atividade antioxidante tem influência marcante na estabilidade oxidativa, por isso, a adição de compostos fenólicos provenientes de extratos vegetais aos produtos cárneos, é benéfica no controle da oxidação (Pateiro et al., 2021; Xu et al., 2021; Zhou et al., 2021). A inibição da oxidação lipídica previne a degradação oxidativa das proteínas e lipídios por minimizar a formação de compostos secundários da oxidação e, conseqüentemente, a sua interação com metais de transição ou radicais livres.

O controle da oxidação em carnes e produtos cárneos torna-se cada vez mais importante decorrente da maior produção e consumo (Faustman, Yin, & Tatiyaborworntham, 2010). Embora, são reduzidos os estudos quem explorem o uso de compostos antioxidantes naturais na suplementação de animais caprinos e seus efeitos sobre a carne e produtos cárneos destes animais, ao comparar com outro modelo de matriz carne, contudo, eles demonstram que a substituição dos antioxidantes sintéticos por fontes naturais, resultam em excelente inibição e controle de processos oxidativos assim como relatados para outras espécies animais.

Desta forma, uma melhor compreensão dos fatores que desencadeiam os processos oxidativos possibilita aprimoramento das estratégias utilizadas para a conservação dos produtos, possibilitando melhor estabilidade e aumento da vida útil dos produtos cárneos durante o armazenamento refrigerado ou congelado.

#### *9. Efeito dos óleos essenciais sobre o desempenho animal.*

Diante do avanço das pesquisas voltadas ao desempenho animal, diversas substancias foram descobertas. Porém, o uso destes aditivos na alimentação de ruminantes ainda é um dilema, mesmo sendo permitido, desde que não prejudiquem o valor nutritivo da ração.

Dentre as alternativas os óleos essenciais estão entre os aditivos que tem chamado atenção para manipular a fermentação ruminal, a fim de, aumentar a produtividade animal e diminuir as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) (Belanche et al., 2020). Óleos essenciais tem

potencial para proporcionar melhorias no desempenho animal, seja na produção de leite e ou carne, mas as respostas têm sido inconsistentes, as informações disponíveis na literatura geralmente descrevem estudos *in vitro* ou de curta duração *in vivo*, fatores que dificultam registrar dados de produção de forma consistente.

O principal desafio no uso dos óleos essenciais é o ecossistema microbiano do rúmen que pode adaptar-se e reverter o efeito, resultando principalmente em benefício de curto prazo (ou seja, melhor fermentação microbiana ou menor produção de CH<sub>4</sub> por dia). (Belanche et al., 2020; Benchar et al., 2011; Blanch et al., 2016). A formação do metano no ecossistema ruminal potencializa perdas de energia potencialmente utilizáveis.

Embora o uso de óleos essenciais para aumentar a produtividade, melhorar a digestibilidade e diminuir as emissões de CH<sub>4</sub> entérico não seja novo (Blanch et al., 2016), respostas altamente variáveis são descritas devido a uma série de razões, incluindo o tipo, a dose, a composição do óleos essenciais utilizada, o tipo de dieta fornecida aos animais, entre outros. (Benchar et al., 2011; Garcia et al., 2020).

Os efeitos dos óleos sobre a fermentação microbiana foram investigadas por Garcia *et al.* (2020) que avaliaram *in vitro* a efetividade do OE de *Lippia turbinata L.* e *Tagetes minuta L.* com diferentes dietas. Os resultados demonstraram a eficácia dos óleos essenciais em modular a fermentação microbiana e reduzir a produção de metano, entretanto, depende das interações entre o substrato e a dose de aditivo. A dose intermediária (30 L/L) inibiu o metano com leve redução na digestibilidade do substrato, sendo *Lippia turbinata L.* mais eficaz que *Tagetes minuta L.* ambos os óleos essenciais avaliados apresentam o limoneno como composto majoritário.

As condições do meio de fermentação, juntamente com a interação do limoneno com outros compostos presentes nos óleos essenciais, pode ser a causa das diferenças observadas por Garcia et al., (2020) na bioatividade do limoneno. Paseti et al. (2021) identificou alterações na fermentação induzida pelo uso de óleos essenciais com dieta de alto concentrado (16:84, volumoso: concentrado) utilizando uma mistura de extrato de ervas (óleo essencial de *Origanum vulgare*, *Citrus spp.* e *Echinacea spp.*) e micropartículas encapsulada (óleo essencial de *Capsicum spp.*; *Cinnamomum spp.* e *Eugenia caryophyllata spp.*). Neste estudo os autores observaram menores concentrações de acetato e ácidos graxos voláteis (AGV) total para cordeiros recebendo o extrato de ervas, entretanto, tiveram o maior consumo de matéria seca (CMS) (1,48 kg/d), enquanto aqueles alimentados com micropartículas encapsulada tiveram o menor (1,30 kg/d). Não houve alteração no status oxidativo do sangue, mas foi possível identificar uma tendência

na redução das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico em cordeiros alimentados com dietas contendo extrato de ervas ou micropartículas encapsulada.

Os óleos utilizados (extrato de ervas ou micropartículas encapsulada) apresentaram efeito na modulação dos cordeiros sendo o extrato de ervas com maior consumo de matéria seca (CMS) do que o controle, o que poderia explicar a redução da concentração total de AGV ruminal, principalmente como resultado de uma diminuição do acetato. Conforme discutido anteriormente, os óleos essenciais podem alterar fermentação de uma maneira que altera a relação acetato:propionato através de uma variedade de mecanismos (Soltan et al., 2018). Assim, a diminuição dos níveis de acetato pode ter iniciado um sinal de feedback que levou a um aumento na ingestão como resposta a mudanças nas concentrações metabólicas de AGV.

Melhorias na fermentação também foram identificadas em trabalho realizado por Tawab *et al.* (2020) os autores concluíram que o uso de óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris L.*) e aipo (*Apium graveolens*) apresentaram melhorias no consumo de nutrientes e digestibilidade. O uso de tomilho ou aipo foi capaz de modular a fermentação ruminal, ambos os tratamentos aumentaram as concentrações totais de AGV e ácido acético, sem diferenças entre os dois tratamentos. No entanto, o tratamento com tomilho diminuiu a concentração ruminal de amônia-N, segundo Benchaar et al. (2008) este comportamento pode ser atribuído a capacidade do tomilho em prevenir a desaminação dos aminoácidos ruminais. Soltan et al. (2018) utilizaram uma mistura microencapsulada de óleos essenciais (cinamaldeído, eugenol, carvacrol e oleorresina de capsicum), foram identificados aumento nas concentrações de propionato utilizando 200 ou 400 mg com a mistura microencapsulada de óleos essenciais /kg de matéria seca (MS) dietética ofertada o que resultou em alteração na relação acetato: propionato. Com os resultados apresentados foi possível correlacionar o aumento de ácidos graxos totais de cadeia curta com a consistente diminuição de pH ruminal para ambas as doses de mistura microencapsulada de óleos essenciais, em comparação ao controle.

As alterações nas concentrações de AGV total ruminal descritas por Soltan et al. (2018) e Tawab et al. (2020) podem ser relacionadas as dietas avaliadas (volnumoso: concentrado) e sua relação a digestão de nutrientes, especialmente fibra. Sendo a proporção de AGV dependente exclusivamente da digestão do alimento e da atividade do microbioma ruminal (Flatt *et al.*, 1956).

A suplementação de cordeiros com óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) (os teores de carvacrol e timol, compostos mais encontrados no óleo essencial de

orégano, foram de 85,87% e 7,81%, respectivamente.) ou extrato de pimenta malagueta, que contem 99% de *Capsicum oleoresin*. apresentaram efeito significativo no metabolismo ruminal, os animais suplementados com óleo de orégano e extrato de pimenta malagueta, apresentaram maiores médias de ácido graxo volátil (AGV), e relação propionato: acetato que animais controle. Destaca-se maior efeito sobre os AGV ruminal do que o extrato pimenta malagueta. Assim, embora esses aditivos não tenham afetado o desempenho de engorda ou os constituintes séricos dos cordeiros, eles tiveram efeitos positivos na fisiologia ruminal (Ünlü et al., 2021).

Resultados semelhantes foram identificados por Ribeiro *et al.* (2019) o trabalho foi realizado com óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*), maior proporção molar de propionato e de butirato e menor relação acetato/propionato para animais alimentados com dietas contendo 1,25g óleo essencial de tomilho /kg de MS, esses achados podem ser atribuídos ao efeito dos óleos essências sobre as bactérias gram-negativas.

## Referências

- Abbas, F., O'Neill Rothenberg, D., Zhou, Y., Ke, Y., & Wang, H. C. 2022. Volatile Organic Compounds as Mediators of Plant Communication and Adaptation to Climate Change. *Physiologia Plantarum*, e13840.
- Aghwan, Z.A.; Alimon, A.R.; Goh, Y.M.; Nakyinsige, K.; Sazili, A.Q. 2014. Fatty Acid Profiles of Supraspinatus, Longissimus lumborum and Semitendinosus Muscles and Serum in Kacang Goats Supplemented with Inorganic Selenium and Iodine. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 27, 543–550.
- Aljabeili, H. S., Barakat, H., & Abdel-Rahman, H. A. 2018. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of thyme essential oil (*Thymus vulgaris* L.). *Food and Nutrition Sciences*, 9(05), 433.
- Anaeto, M.; Adeyeye, J.A.; Chioma, G.O.; Olarinmoye, A.O.; Tayo, G.O. 2010. Goat products: Meeting the challenges of human health and nutrition. *Agric. Biol. J. N. Am.* 6, 1231–1236.

Arcila-Lozano, C. C., Loarca-Piña, G., Lecona-Uribe, S., González de Mejía, E. 2004. El orégano: Propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Archivos Latinoamericanos de nutrición, (54) 100–111.

Bajer, T., Silha, D., Ventura K., Bajerová, P. 2017. Composition and antimicrobial activity of the essential oil, distilled aromatic water and herbal infusion from *Epilobium parviflorum* Schreb. Industrial Crops and Products, Pardubice, 100(1) 95–105.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils—a review. Food and Chemical Toxicology, 46(2) 446-475.

Belanche, A., Newbold, C. J., Morgavi, D. P., Bach, A., Zweifel, B., Yáñez-Ruiz, D. R. 2020. A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend agolin ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. Animals, 10(4), 620.

Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A., 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. Anim. Feed Sci. Technol. 145, 209–228.

Benchaar, C., Greathead, H. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 166, 338–355.

Bhatt, S., Tewari, G., Pande, C., Prakash, O., Tripathi, S. 2019. Aroma Profile and Antioxidant Potential of *Origanum vulgare* L.: Impact of Drying. J Essent Oil-Bear Plants, 22(1):214-230.

Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., Kalayci, O. 2012. Oxidative stress and antioxidant defense. World allergy organization journal, 5(1), 9-19.

Bisht, D., Chanotiya, C., Rana, M., Semwal, M. 2009. Variability in essential oil and bioactive chiral monoterpene compositions of Indian oregano (*Origanum vulgare* L.) populations from northwestern Himalaya and their chemotaxonomy. Ind. Crop. Prod. 30, 422–426.

Blanch, M., Carro, M., Ranilla, M.J., Viso, A., Vazquez-Anon, M., Bach, A. 2016. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding

behavior and performance of lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 219, 313–323.

Boada, L.D., Henríquez-Hernández, L.A., Luzardo, O.P. 2016. The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidences. *Food Chem. Toxicol.* 92, 236–244.

Brown, C.M., Campbell, I., Priest, F.G. 1989. *Introducción a la biotecnología*. Zaragoza, Espanha. Editora Acribia S.A. 167p.

Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., Ferret, A. 2007. Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580-2595.

Chaijan, M. 2008. Review: Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 1, 47–53.

Chen, B., McClements, D.J., Decker, E.A. 2011. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51, 901–916.

Chen, H. & Chen, F. 2000 Effects of yeast elicitor on the grown and secondary metabolism of a high-tanshinone-producing line of the Ti transformed *Salvia miltiorrhiza* cells in suspension culture. *Process Biochem.* 35: 837-840.

Chikara, S., Nagaprashantha, L. D., Singhal, J., Horne, D., Awasthi, S., Singhal, S. S. 2018. Oxidative stress and dietary phytochemicals: Role in cancer chemoprevention and treatment. *Cancer Letters*, 413, 122-134.

Choe, E., Min, D. B. 2005. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *Journal of Food Science*, 70, 142-149.

Coccimiglio, J., Alipour, M., Jiang, Z. H., Gottardo, C., Suntres, Z. 2016. Antioxidant, antibacterial, and cytotoxic activities of the ethanolic *Origanum vulgare* extract and its major constituents. *Oxidative medicine and Cellular Longevity*.

Davies, M. J., Dean, R. T. 2003. *Radical-mediated protein oxidation*. Oxford: Oxford Science Publications.

- Di Pasqua, R., Mamone, G., Ferranti, P., Ercolini, D., Mauriello, G. 2010. Changes in the proteome of *Salmonella enterica* serovar Thompson as stress adaptation to sublethal concentrations of thymol. *Proteomics*.
- Dubey, V.S., Bhalla, R., Luthra, R. 2003. An overview of the non-mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. *Journal of Biosciences*, 28, 637–646.
- Erickson, M. C. 2002. Lipid oxidation of muscle foods. In *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, Akoh, C. C., Min, D. B., Eds., Marcel Dekker, Inc.: New York, NY, USA, 384–430.
- Eskin, N. A. M., Shahidi, F. 2015. *Bioquímica de alimentos*. 3. ed. Rio de Janeiro:Elsevier.
- Estévez, M. 2011. Protein carbonyls in meat systems: a review. *Meat science*, 89(3), 259–279.
- Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R., Heinonen, M. 2008. Fluorescence spectroscopy as a novel approach for the assessment of myofibrillar protein oxidation in oil-in-water emulsions. *Meat Science*, 80(4), 1290-1296.
- Estévez, M., Morcuende, D., Ventanas, S. 2008. Determination of Oxidation. In: *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis*. p. 141-162.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., Suman, S. P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86–94.
- Faustman, C., Yin, S., & Tatiyaborworntham, N. 2010. Oxidation and protection of red meat. *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: management in different industry sectors*, 2(1), 3-49.
- Fenton, H. J. H. 1984. Oxidation of tartaric acid in the presence of iron. *Journal of Chemical Society*, 65, p.899-910.
- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., Scheffer, J. J. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour Fragrance J.* 23(4):213–226

- Fikry, S., Khalil, N, Salama, O. 2019. Chemical profiling, biostatic and biocidal dynamics of *Origanum vulgare* L essential oil. *AMB Expr*, 9(1):41.
- Flatt, W. P., Warner, R. G., Loosli, J. K. 1956. Absorption of VFA from reticulo-rumen of young dairy calves. *J. Exp. Biol.* 25, 928.
- Forrer, M., Kulik, E. M., Filippi, A., Waltimo, T. 2013. The antimicrobial activity of alpha -bisabolol and tea tree oil against *Solobacterium moorei*, a gram-positive bacterium associated with halitosis. *Arch Oral Biol.* v. 58, n. 1, p. 10–16
- Gallegos-Flores, P. I., Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Meza-López, C., Echavarría-Cháirez, F. 2019. Actividad antibacteriana de cinco compuestos terpenoides: carvacrol, limoneno, linalool,  $\alpha$ -terpineno y timol. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2), 241-248.
- Garcia, F., Colombatto, D., Brunetti, M. A., Martínez, M. J., Moreno, M. V., Scorcione Turcato, M., Martínez Ferrer, J. 2020. The reduction of methane production in the in vitro ruminal fermentation of different substrates is linked with the chemical composition of the essential oil. *Animals*, 10(5), 786.
- Gorrini, C., Harris, I. S., Mak, T. W. 2013. Modulation of oxidative stress as an anticâncer strategy, *Nat. Rev. Drug Discov.* 12(12), 931-947.
- Gray, J. I., Monahan, F. J. 1992. Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. *Trends Food Sci. Technol.* 3, 315–319.
- Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., Przybylski, R. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chem*, 108(3):986–995.
- Ivanović, S.; Pavlović, I.; Pisinov, B. 2016. The quality of goat meat and its impact on human health. *Biotechnol. Anim. Husb.* 32, 111–122.
- Johns, A. M., Birkinshaw, L. H., Ledward, D. A. 1989. Catalysts of lipid oxidation in meat products. *Meat Science*, 25, 209-220.
- Kamatou, G. P., & Viljoen, A. M., 2010. A review of the application and pharmacological properties of a-bisabolol and a-bisabolol-rich oils. *J Am Oil Chem Soc.* 87(1), 1–7.

Kapoor, D., Singh, S., Kumar, V., Romero, R., Prasad, R., Singh, J. 2019. Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS). *Plant Gene*, 19, 100182.

Kappus, H. 1985. Lipid peroxidation: mechanisms, analysis, enzymology and biological relevance. *Oxid stress*. London: Academic Press, 273.

Khan, M., Khan, S. T., Khan, M., Mousa, A. A., Mahmood, A., Alkathlan, H. Z. 2019. Chemical diversity in leaf and stem essential oils of *Origanum vulgare* L. and their effects on microbicidal activities. *AMB Express*, 9(1), 1-15.

Klurfeld, D.M. 2015. Research gaps in evaluating the relationship of meat and health. *Meat Sci.* 109, 86–95.

Kohen, R., & Nyska, A. 2002. Invited review: oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic pathology*, 30 (6), 620–650.

Kumar, D., Punetha, A., Verma, P.P., Padalia, R.C. 2022. Micronutrient based approach to increase yield and quality of essential oil in aromatic crops. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 26, 100361.

Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., & Narsaiah, K. 2015. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 796–812.

Ladikos, D., & Lougovois, V. 1990. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chemistry*, 35, 295–314.

Larcher, W., & Assis Prado, C. H. B. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RiMa, 531.

Liolios, C. C., Gortzi O., Lalas S., Tsaknis J., Chinou I. 2009. Liposomal incorporation of carvacrol and thymol isolated from the essential oil of *Origanum dictamnus* L. na in vitro antimicrobial activity. *Food Chemistry*. 112, 77-83.

LLana-Ruiz-Cabello, M., Maisanaba, S., Puerto, M., Prieto, A. I., Pichardo, S., Jos, A., Cameán, A. M. 2014. Evaluation of the mutagenicity and genotoxic potential of carvacrol and thymol using the Ames Salmonella test and alkaline, Endo III-and FPGmodified

comet assays with the human cell line Caco-2. *Food and Chemical Toxicology*, v. 72, p. 122-128, 2014.

Lund, M. N. 2007. Protein oxidation in meat during chilling storage. PhD Thesis. 203 p. University of Copenhagen. Faculty of Life Sciences.

Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., Estévez, M. 2011. Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55(1), 83-95.

Madruga, M.S.; Bressan, M.C. 2011. Goat meats: Description, rational use, certification, processing and technological developments. *Small Rumin. Res.* 98, 39–45

Maeda, H., & Dudareva, N. 2012. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Annual review of plant biology*, 63, 73-105.

Min, B., & Ahn, D. U. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products—A review. *Food Sci. Biotechnol.* 14, 152–163.

Moreno, I., Pichardo, S., Jos, A., Gómez-Amores, L., Mate, A., Vazquez, C. M., Camean, A. M. 2005. Antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in liver and kidney of rats exposed to microcystin- LR administered intraperitoneally. *Toxicol: official journal of the international society on toxinology*, 45(4), 395–402.

Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P., Buckley, D. J. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49(1), 73-86.

Naghdi Badi, H. A., Abdollahi, M., Mehrafarin, A., Ghorbanpour, M., Tolyat, S. M., Qaderi, A., Ghiaci Yekta, M. 2017. An overview on two valuable natural and bioactive compounds, thymol and carvacrol, in medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants*, 16(63), 1-32.

Nieddu, M., Rassu, G., Boatto, G., Bosi, P., Trevisi, P., Giunchedi, P., Carta, A., Gavini, E. 2014. Improvement of thymol properties by complexation with cyclodextrins: In vitro and in vivo studies. *Carbohydrate Polymers*, 102, 393-399, 2014.

Passetti, L. C., Passetti, R. A., & McAllister, T. A. 2021. Effect of essential oil blends and a nonionic surfactant on rumen fermentation, anti-oxidative status, and growth performance of lambs. *Translational animal science*, 5(3), txab118.

Pateiro, M., Gómez-Salazar, J. A., Jaime-Patlán, M., Sosa-Morales, M. E., Lorenzo, J. M. 2021. Plant extracts obtained with green solvents as natural antioxidants in fresh meat products. *Antioxidants*, 10(2), 181.

Plavšić, D. V., Škrinjar, M. M., Psodorov, Đ. B., Pezo, L. L., Milovanović, I. L., Psodorov, D. Đ., Kojić, P. S., Kocić-Tanackov, S. D. 2020. Chemical structure and antifungal activity of mint essential oil components. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 85(9), 1149-1116.

Poulose, A., & Croteau, R. 1978. Biosynthesis of aromatic monoterpenes: conversion of  $\alpha$ -terpinene to p-cymene and thymol in *Thymus vulgaris* L. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 187(2), 307-314.

Rafieepour, A., Hajirezaee, S., Rahimi, R. 2019. Dietary oregano extract (*Origanum vulgare* L.) enhances the antioxidant defence in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* against toxicity induced by organophosphorus pesticide, diazinon. *Toxin Reviews*.

Rhee, S. G. 2006. Cell signaling. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a necessary evil for cell signaling, *Science*, 312(5782), 1882-1883.

Ribeiro, A. D. B., Ferraz, M. V. C., Polizel, D. M., Miszura, A. A., Gobato, L. G. M., Barroso, J. P. R., Pires, A. V. 2019. Thyme essential oil for sheep: Effect on rumen fermentation, nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and growth. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71, 2065-2074.

Richards, M. P. 2010. Heme proteins and oxidation in fresh and processed meats. *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications*. Elsevier. 76–104.

Rocha, P. M., Rodilla, J. M., Diéz, D., Elder, H., Guala, M. S., Silva, L. A., Pombo, E. B. 2012. Synergistic Antibacterial Activity of the Essential Oil of Aguaribay (*Schinus molle* L.), *Molecules*, 17(10), 12023-12036.

Schwob, I., Bessiere, J. M., Dherbomez M., Viano, J. 2002. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Hypericum coris*. *Fitoterapia*. 73(6),511-513.

Sena, L. A., & Chandel, N. S. 2012. Physiological roles of mitochondrial reactive oxygen species. *Molecular cell*, 48(2), 158-167.

Sharifi-Rad, J., Salehi, B., Stojanović-Radić, Z. Z., Fokou, P. V. T., Sharifi-Rad, M., Mahady, G. B., Iriti, M. 2017. Medicinal plants used in the treatment of tuberculosis- Ethnobotanical and ethnopharmacological approaches. *Biotechnology advances*, 44, 107629.

Sharifi-Rad, M., Mnayer, D., Morais-Braga, M. F. B., Carneiro, J. N. P., Bezerra, C. F., Sharifi-Rad, J. 2018. Echinacea plants as antioxidant and antibacterial agents: From traditional medicine to biotechnological applications. *Phytotherapy Research*, 1–11.

Simirgiotis, M. J., Burton, D., Parra, F., López, J., Muñoz, P., Escobar, H., Parra, C. 2020. Antioxidant and antibacterial capacities of *Origanum vulgare* L. essential oil from the arid Andean Region of Chile and its chemical characterization by GC-MS. *Metabolites*, 10(10), 414.

Simões, Cm. & Spitzer, V. 1999. Óleos essenciais. In: Simões, C. M. O., Schenckel, E. P., Gosmann, G., Mello, J.C.P. *Farmacognosia: Da planta ao medicamento*. Porto Alegre/ Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 387-415.

Soltan, Y. A., Natel, A. S., Araujo, R. C., Morsy, A. S., Abdalla, A. L. 2018. Progressive adaptation of sheep to a microencapsulated blend of essential oils: ruminal fermentation, methane emission, nutrient digestibility, and microbial protein synthesis. *Animal Feed Science and Technology*, 237, 8-18.

Stahl-Biskup, E. & Saez, F. 2005. *Thymus*. London and New York Press, 330.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2004. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre. Ed. Artmed. 719p.

Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9),1199-1218, 2010.

Tanasescu, S., Nitu, R., Dahma, G., Pilut, C., Diaconu, M., Neagoe, O., Muntean, D., Horhat, I. D., Dragomir, A., Lighezan. D. 2019. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of Romanian *Origanum vulgare*. *Ver Chim*, 70(5):1744–1745.

Trachootham, D., Alexandre, J., Huang, P. 2009. Targeting cancer cells by ROS-mediated mechanisms: a radical therapeutic approach? *Nat. Rev. Drug Discov.* 8 (7)579-591.

- Ünlü, H. B., İpçak, H. H., Kandemir, Ç., Özdoğan, M., Canbolat, Ö. N. D. E. R. 2021. Effects of oregano essential oil and capsicum extract on fattening, serum constituents, and rumen fermentation of lambs. *South African Journal of Animal Science*, 51(2), 172-179.
- Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13 (2), 57–149.
- Vranová, E., Coman, D., & Gruissem, W. 2013. Network analysis of the MVA and MEP pathways for isoprenoid synthesis. *Annual review of plant biology*, 64, 665-700.
- Wang, S., Li, Y., He, L., Yang, J., Fernie, A. R., & Luo, J. 2022. Natural variance at the interface of plant primary and specialized metabolism. *Current Opinion in Plant Biology*, 67, 102201.
- Wang, X., Lin, X., Ouyang, Y.Y., Liu, J., Zhao, G., Pan, A., Hu, F.B. 2016. Red and processed meat consumption and mortality: Dose–response meta-analysis of prospective cohort studies. *Public Health Nutr.* 19, 893–905.
- Wiseman, H. & Halliwell, B. 1996. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer, *Biochem. J.* 313, 17-29.
- Wu, H., Yan, W., Zhuang, H., Huang, M., Zhao, J., Zhang, J. 2016. Oxidative stability and antioxidant enzyme activities of dry-cured bacons as affected by the partial substitution of NaCl with KCl. *Food Chemistry*, 201, 237–242.
- Wu, H., Zhuang, H., Zhang, Y., Tang, J., Yu, X., Long, M., Zhang, J. 2015. Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing. *Food Chemistry*, 172, 391–399.
- Xiao, S., Zhang, W. G., Lee, E. J., Ahn, D. U. 2013. Effects of diet, packaging and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation of raw broiler thigh meat. *Animal Industry Report*, AS 659, ASL R2761. Ames, IA: Iowa State University.
- Xu, Q. D., Yu, Z. L., & Zeng, W. C. 2021. Structural and functional modifications of myofibrillar protein by natural phenolic compounds and their application in pork meatball. *Food Research International*, 148, 110593.

Zhou, L., Li, J., Kong, Q., Luo, S., Wang, J., Feng, S., Yuan, M, Chen, T., Yuan, S, Ding, C. 2021. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial, and phytotoxic potential of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* leaves essential oils. *Molecules*, 26(5), 1450.

Zhou, Y., Li, B., & Wang, L. 2022. Effects of different extracts on lipid oxidation and quality characteristics of spiced pork trotter. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2), e16270.

### III. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os efeitos da suplementação com compostos antioxidantes sobre a ingestão, o desempenho produtivo, as características quantitativas da carcaça e qualitativas do músculo *Longissimus lumborum* de cabritos ½ Boer-Saanen. Ainda, avaliar os resíduos da suplementação e seus potenciais efeitos sobre o perfil dos ácidos graxos, atividade antioxidante e os processos oxidativos em hambúrgueres da carne da paleta dos cabritos.

#### IV. DESEMPENHO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Artigo redigido seguindo as normas da revista *Livestock Science*

**Resumo:** Objetivou-se, neste estudo, avaliar o desempenho produtivo e a digestibilidade em caprinos mestiços ½Boer – Saanen, em confinamento, suplementados com compostos antioxidantes na dieta. Foram utilizados 30 cabritos ½Boer- Saanen, abatidos com  $32 \pm 2,015$  kg distribuídos em delineamento em blocos casualizados, constituindo-se em dois gêneros (machos e fêmeas) e três rações (sem inclusão de compostos antioxidantes (CON); com inclusão de 300 mg timol/kg MS (TIM) e 300 mg carvacrol/kg MS (CAR). As rações experimentais apresentaram efeitos ( $P \leq .001$ ) no peso final, porém, verificou-se na ração TIM a porcentagem de 3,6% sobre as demais rações avaliadas (CON e CAR). O peso final dos cabritos machos (32,47 kg) ( $P < .0001$ ), comparados as fêmeas, foi maior (31,67 kg), em cerca de 2,46%. Para a ingestão de nutrientes, a ração TIM ( $P < .0001$ ) apresentou porcentagens elevadas sobre as demais rações avaliadas, 3,2% na ingestão da matéria seca (IMS, kg dia<sup>-1</sup>) e dos nutrientes, sendo: 3,2% na matéria orgânica (MO), 3,1% na proteína bruta (PB), 7,8% no extrato etéreo, 3,5% e 3,6% para carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CT), respectivamente. Foram observados efeitos ( $P < .0001$ ) das rações sobre o ganho médio diário (GMD), ganho total (GT), conversão alimentar (CA), idade ao abate (IA) e dias em confinamento (DC), sendo os melhores resultados observados na suplementação com a ração TIM (300mg timol/kg MS). Não foram observados efeitos ( $P > 0,05$ ) na avaliação da digestibilidade dos nutrientes. Melhores resultados no desempenho foram alcançados com a suplementação de 300 mg timol/kg MS.

**Palavras-chave:** Caprinos; digestibilidade; *Origanum Vulgare*; suplementação; *Tymus Vulgare*

## PERFORMANCE OF ½ BOER-SAANEN GOATS SUPPLEMENTED WITH ANTIOXIDANT COMPOUNDS IN THE DIET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Article Written following the rules of the journal *Livestock Science*

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the productive performance and digestibility of crossbred ½Boer – Saanen goats, in confinement, supplemented with antioxidant compounds in the diet. Thirty ½ Boer-Saanen young goats were used, slaughtered with  $32 \pm 2.015$  kg distributed in a randomized block design, consisting of two genders (males and females) and three proportions (without inclusion of antioxidant compounds (CON); with inclusion of 300 mg thymol/kg DM (TIM) and 300 mg carvacrol/kg DM (CAR). The experimental diets showed effects ( $P \leq .001$ ) on the final weight, however, a percentage of 3.6% was found in the TIM diet over the other evaluated diets (CON and CAR). The final weight of male young goats (32.47 kg) ( $P < .0001$ ), compared to females, was higher (31.67 kg), by about 2.46%. For nutrient intake, the TIM diet ( $P < .0001$ ) showed high percentages over the other evaluated diets, 3.2% in dry matter intake (DMI, kg day<sup>-1</sup>) and nutrients, being: 3.2 % in organic matter (OM), 3.1% in crude protein (CP), 7.8% in ether extract, 3.5% and 3.6% for non-fiber carbohydrates (CNF) and total carbohydrates (TC), respectively. Effects ( $P < .0001$ ) of diets on average daily gain (ADG), total gain (GT), feed conversion (FC), slaughter age (SA) and days in confinement (DC) were observed, with the best results being observed in supplementation with TIM diet (300mg thymol/kg DM). No effects ( $P > 0.05$ ) were observed in the evaluation of nutrient digestibility. Better performance results were achieved with 300 mg thymol/kg DM supplementation.

**Keywords:** Goats; digestibility; *Origanum Vulgare*; supplementation; *Tymus Vulgare*

## Introdução

A carne caprina é considerada em muitas partes do mundo uma iguaria, seu consumo representa cerca de 6% dentre as carnes vermelhas (Wang et al., 2019). A escolha pela carne caprina, pode ser atribuído as suas características sensoriais, uma vez que seu baixo consumo está atrelado ao sabor único dentre todos os tipos de carnes vermelhas, embora semelhante ao cordeiro seu sabor pode ser considerado por quem não está acostumado até repugnante (Carlucci et al., 1998; Arshad et al., 2018).

Quando comparada as carnes bovina e ovina, a carne caprina apresenta menor teor de gordura saturada e maior de gordura poli-insaturada (Anaeto et al., 2010; Aghwan et al., 2014). Portanto, a carne caprina pode ser considerada mais saudável do que outras carnes de ruminantes.

Alguns fatores podem afetar as características qualitativas da carne como a idade e sexo, porcentagem de gordura e proteína e a fisiologia e a genética do animal, fatores que podem alterar o metabolismo e as características dos tecidos depositados (Webb, Casey, & Simela, 2005). A dieta ou as estratégias nutricionais são frequentemente testadas para promover maior eficiência no desempenho animal seja através da manipulação da fermentação ruminal ou de uso de alimentos alternativos ou aditivos alimentares que tragam melhorias para o animal ou para os produtos por eles gerados, seja carne ou leite.

Dentre essas estratégias alimentares destaca-se o uso de aditivos, utilizados com propósito de melhorar a eficiência da fermentação ruminal, promover o crescimento microbiano, reduzir, eliminar ou modificar os processos ineficientes da digestão, evitar distúrbios digestivos entre outros (Lima et al., 2013). No aspecto tecnológico, os aditivos podem ser adicionados para aumentar ou manter a qualidade dos produtos prolongando a vida de prateleira, como é o caso dos compostos secundários com propriedades antioxidantes.

Em suma, os compostos secundários são metabolitos químicos sintetizadas naturalmente em plantas com o objetivo de proteção a estresses abióticos e bióticos. Neste sentido, os compostos naturais são utilizados como aditivos alimentares, em virtude de suas características sobre a fermentação ruminal. Os óleos essenciais (OE) agem alterando a permeabilidade da membrana celular, desta forma, ocorre ruptura da membrana externa e interna, interação com as proteínas da membrana e as dianas intracelulares das bactérias (Di Pasqua et al., 2010). Em síntese, os OE podem modificar

as populações microbianas ruminais desta forma melhorar o metabolismo e diminuir a produção de metano (CH<sub>4</sub>), sendo, potencial substituto aos aditivos sintéticos atualmente utilizados (Valero et al., 2014; Hernandez et al., 2017; Fugita et al., 2018; Ebeid et al., 2020).

Em meta-análise, Torres et al. (2020) observaram redução na concentração de acetato ruminal e da população de protozoários, aumento da concentração de propionato, alterações promovidas na fermentação ruminal quando os animais foram suplementados com OE. Contudo, os resultados mais expressivos em relação às concentrações ruminal de propionato e nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) foram relatados quando os OE eram utilizados por menos de 30 dias, sugerindo uma adaptação à atividade antimicrobiana dos OE pode ocorrer com o tempo.

Portanto, os microrganismos ruminais demonstram ter capacidade em adaptar e/ou degradar uma ampla diversidade de compostos secundários, como saponinas e taninos (Newbold et al., 1997, Makkar, 2003) e o mesmo pode ser replicado aos óleos essenciais como demonstrado em alguns estudos (McIntosh et al., 2003, Busquet et al., 2005). Essas adaptações podem explicar, porque até o momento, as respostas *in vitro* (exposição por curto prazo) não são tão marcantes quanto *in vivo* (exposição de longo prazo).

Nos produtos gerados, os compostos com propriedades antioxidantes geralmente ajudam a preservar o sabor da carne, principalmente impedindo a oxidação de lipídios e outros precursores sensoriais quimicamente lábeis (Shirahigue et al., 2011). Os antioxidantes na carne são muitas vezes derivados em parte de materiais vegetais na alimentação animal e em parte de aditivos.

Neste, sentido as pesquisas se voltam para o desenvolvimento de novas estratégias nutricionais com foco em melhorias no desempenho ou dos produtos gerados, com o uso de aditivos naturais em virtude das exigências do mercado por produtos sem compostos químicos. Desta forma, os produtos naturais ganham espaço, sendo, as plantas um importante banco de compostos secundários bioativos, com potencial para o desenvolvimento de novos produtos alimentares, em razão de suas diversas propriedades. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e a digestibilidade em caprinos mestiços ½Boer-Saanen em confinamento suplementados com compostos antioxidantes na dieta timol ou carvacrol.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no Setor de Caprinocultura e no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

Os procedimentos envolvendo animais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 5247190121).

### *Delineamento e rações experimentais*

Foram utilizados 30 cabritos cruzados ½Boer-Saanen (15 machos e 15 fêmeas), com peso corporal inicial de  $17 \pm 1,83$  kg. Antes do início do experimento, os animais foram vermifugados e distribuídos aleatoriamente em baias individuais, em instalação coberta, com piso suspenso ripado e acesso a bebedouro automático com boia e comedouro individual.

Os animais foram distribuídos em delineamento em blocos casualizado, sendo dois gêneros e 3 tratamentos com 5 repetições (animais). As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas utilizando silagem de milho como volumoso e concentrado à base de farelo de soja, farelo de trigo, milho moído, suplemento mineral-vitamínico e cloreto de amônio, ajustadas de acordo com as exigências para cabritos em crescimento, com ganho estimado de 150 g/dia, segundo National Research Council - NRC (2007), formulada para obter 15% de PB e 72% de NDT.

Os tratamentos consistiram em três rações sendo: sem inclusão de compostos antioxidantes (CON), com inclusão de 300 mg timol/kg MS (TIM) e com inclusão de 300 mg carvacrol/kg MS (CAR) e dois gêneros (macho e fêmea). A inclusão dos compostos antioxidantes baseou-se em estudos anteriores desenvolvidos pelo grupo de pesquisa NUPEL-UEM e achados na literatura, utilizando como referência a capacidade antioxidantes dos óleos ou compostos antioxidantes. Os compostos timol e carvacrol foram adquiridos em parceria com a empresa GRASP®.

As rações experimentais foram formuladas (Tabela 2), observando a proporção volumoso:concentrado (30:70), fornecidas como dieta total, para evitar a seleção e

desperdício por parte dos animais de maneira que proporcionasse aproximadamente 10% de sobras, sendo fornecida duas vezes ao dia, às 08h00min e às 13h30min. Antes do fornecimento diário da ração, as sobras foram pesadas para realizar o controle da ingestão de matéria seca. Ao início do experimento, os animais foram pesados em balança digital, (capacidade máxima de 300 kg e precisão de 0,001), obtendo-se o peso inicial (PI) e semanalmente para acompanhamento do peso até o final do período experimental, onde foi obtido o peso final (PF) e, a partir deste, determinou-se as ingestões de matéria seca diária e conversão alimentar (CA), ganho de peso médio diário (GMD) e ganho de peso total (GPT).

#### *Coletas de amostras*

Para determinação da ingestão da matéria seca (MS) e dos nutrientes, foram realizadas coletas de amostras das rações fornecidas e das sobras durante os três dias, sendo homogeneizadas formando uma amostra composta, por fim, retirou-se uma alíquota, sendo em seguida congelada para as análises laboratoriais.

A digestibilidade aparente seguiu metodologia descrita por Detmann et al. (2009), utilizando os indicadores internos FDNi da dieta e das fezes sendo obtidos após incubação ruminal por 288 horas em vaca Holandês não lactante de 540 kg PV. Para isso foram realizadas coletas de fezes diretamente na ampola retal (aproximadamente 30 g) dos animais durante três dias, seguindo a distribuição: 1º dia (8 e 14 h), 2º dia (10 e 16 h), 3º dia (12 e 18h) de forma a obter uma amostra composta por animal. As coletas foram estabelecidas para serem realizadas ao ponto que os animais apresentassem peso vivo de  $30 \pm 2,015$  kg.

#### *Análises Químicas*

Para realização das análises laboratoriais, as amostras foram descongeladas e secas em estufa com ventilação forçada (MA035, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) por 72 h a 55 °C, processadas em moinho de facas (MA340, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneiras de porosidade de 2 mm para determinação do indicador de digestibilidade e a 1 mm para composição química-bromatológicas.

As amostras de fezes, alimentos e sobras foram submetidas às análises de composição química, avaliando os teores de matéria seca (MS; método 950.15), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método de Kjeldahl 984.13) e extrato etéreo (EE; método 920.39) de acordo com AOAC (2000). As concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) foram determinadas segundo Van Soest et al. (1991) com sulfito de sódio e  $\alpha$ amilase, utilizando determinador de fibra (TE-149, Tecnal, São Paulo, Brasil). O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado de acordo com a fórmula:  $MO (g/kg) = 1000 - MM$ .

Os carboidratos totais (CT) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com as equações descritas por Sniffen et al. (1992):  $CT (g/kg) = 1000 - (PB + EE + MM)$ ;  $NDT (g/kg) = PBd + (EEd \times 2,25) + CTd$ ; sendo: PBd = proteína bruta digestível, EEd = extrato etéreo digestível e CTd = carboidratos totais digestíveis. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com a equação descrita por Van Soest et al. (1991):  $CNF (g/kg) = CT - FDN$ .

A excreção fecal foi estimada utilizando como indicador a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), nas amostras dos alimentos fornecidos, das sobras e das fezes, conforme metodologia adaptada de Cochran et al. (1986), sendo moídas a 2 mm e acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT) posteriormente, foram incubados *in situ* por 144 h, em animal da raça Holandês, não gestante e não lactante, previamente adaptada com ração concentrada à base de farelo de soja, milho moído e suplemento mineral, e silagem de milho. Decorrido o período de incubação, os sacos foram retirados do rúmen, lavados, secos e submetidos a análise de fibra em detergente neutro, seguindo metodologia descrita por Van Soest et al. (1991).

#### *Análises estatísticas*

Para avaliar a presença de outliers foi utilizado o procedimento Univariate. Em seguida os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para as análises das variáveis do desempenho, o peso inicial dos cabritos foi utilizado como covariável e as médias comparadas utilizando o teste Tukey, para isso, foi utilizado o procedimento Proc Mixed do pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, EUA). Efeitos foram declarados significativos quando  $P < 0,05$ .

## Resultados

As rações com compostos antioxidantes dietéticos apresentaram efeito ( $P < .0001$ ) sobre o peso final (PF) (Tabela 3). Os animais suplementados com a ração TIM apresentaram ganhos (3,6%) superiores as demais rações avaliadas (CON e CAR). Quanto aos gêneros ( $P < .0001$ ), foram observados valores superiores para os cabritos machos (32,47 kg) comparativamente as fêmeas (31,67 kg), em cerca de 2,46%.

Na ingestão da matéria seca (IMS) e dos nutrientes (Tabela 3) constatou-se diferenças ( $P < .0001$ ) entre rações avaliadas (COM, TIM e CAR), portanto, a ração TIM apresentou porcentagens acima para a ingestão da MS e dos nutrientes comparativamente às demais rações (CON e CAR), sendo: 3,2% de MS, ( $\text{kg dia}^{-1}$ ), 3,2 de MO, 3,1% de PB 7,8% de EE e 3,5% e 3,6% para CNF e CT, respectivamente. Para a avaliação dos gêneros observa-se maior ingestão de MS e nutrientes nos machos ( $P < .0001$ ) comparativamente as fêmeas.

No desempenho (Tabela 3), observou-se efeitos ( $P < .0001$ ) das rações sobre o ganho médio diário (GMD), ganho de peso total (GT), conversão alimentar (CA), idade ao abate (IA) e dias em confinamento (DC), melhores resultados foram observados para a suplementação com a ração TIM. Quanto aos gêneros efeitos ( $P < .0001$ ) também foram observados, com superioridade dos machos sobre as fêmeas.

Não foram observados efeitos ( $P > 0,05$ ) na avaliação da digestibilidade dos nutrientes com a suplementação dos compostos antioxidantes dietéticos nas rações dos caprinos (Tabela 4).

## Discussão

As rações avaliadas com inclusão de compostos antioxidantes (TIM ou CAR) apresentaram efeitos sobre o PF. Segundo Geraci et al. (2012) e Salem et al., (2012) os benefícios dos óleos essenciais na nutrição animal, estão atreladas ao seu potencial efeito sobre os microrganismos ruminais, possibilitando alterações na fermentação e modificações no metabolismo, fatores que podem melhorar a produção animal. Entretanto, estes efeitos podem sofrer influências das características dos óleos essenciais utilizados, reduzindo a palatabilidade, levando a redução no consumo alimentar.

Os resultados apresentados estão de acordo com estudos anteriores que observaram que a suplementação com compostos antioxidantes em níveis adequados não alterou a palatabilidade das rações sendo fáceis de serem consumidos pelos animais (Aydin et al., 2020; Yagoubi et al., 2021; Ratna Amalia et al., 2022).

Desta forma, a ração TIM com inclusão de 300 mg timol /kg MS (TIM) apresentou melhores resultados, foram observados aumentos de 3,6% no PF, precedido de melhorias sobre o consumo. É possível notar que os animais que consumiram a ração com timol apresentaram maiores valores em média 3,2% de aumentos na ingestão da matéria seca (IMS), comportamento semelhante seguiu-se para os demais nutrientes avaliados com comparativamente as demais rações avaliadas (CON e CAR). Efeitos na IMS também foram observados quanto aos gêneros, com superioridade dos cabritos machos comparativamente as fêmeas, com cerca de 5,91%.

Anteriormente, foram descritos aumentos na ingestão, conforme relatado por Arteaga-Wences et al. (2021), a suplementação de óleo essencial (150 mg/cordeiro) cordeiros machos cruzados ( $28,5 \pm 3,5$  kg) acarretou em aumentos na ingestão da matéria seca. Souza et al. (2019) observaram efeitos próximos, sobre a ingestão de matéria seca em novilhas (g/novilhas/dia) suplementadas com óleos essenciais (eugenol + timol + vanilina) em comparação as novilhas não suplementadas. Giller et al. (2020) observaram efeitos similares, em trabalho realizado com vacas em lactação utilizando um “blend” de óleos essenciais (eucalipto + tomilho + anis) resultou em 4% na ingestão de matéria seca sendo superior ao grupo controle. Entretanto, Yagoubi et al. (2021) apresentaram resultados distintos, sem efeitos sobre a ingestão da matéria seca ao avaliar a suplementação com resíduos de alecrim na ração de cordeiros.

Portanto, os efeitos da suplementação com óleos essenciais podem apresentar resultados controversos conforme citados, em virtude da sua ampla variedade de compostos presentes em sua composição, o que possibilita diferentes interações entre os compostos, alterando suas funções e mecanismos de ação, desta forma, o modo de ação e a função de cada óleo essencial dependerá do composto majoritário e sua concentração e sinergia entre os outros compostos em decorrência dos mecanismos de ação encontrados nos diversos metabólitos.

Os resultados observados com compostos antioxidantes (TIM e CAR) nos demais trabalhos supracitados apresentam indícios que a suplementação com compostos antioxidantes ou com óleos essenciais podem acarretar em aumentos na ingestão da matéria seca e dos nutrientes com possibilidade de melhorias na eficiência da fermentação

ruminal, possibilitando maior digestibilidade dos alimentos (Ungerfeld, 2020; Vargas et al., 2020; Amin et al., 2021) em virtude das alterações promovidas pelos óleos essenciais no ecossistema ruminal.

Contudo, os resultados observados (Tabela 4) não demonstraram efeitos da suplementação sobre a digestibilidade da MS e dos nutrientes, entretanto, é possível deduzir que melhorias na fermentação ocorreram em decorrência dos melhores resultados apresentados no GMD, GT e CA demonstrando aumentos na eficiência dos cabritos suplementados sobre os não suplementados. Resultado semelhante descrito por Ratna Amalia et al. (2022) que não observaram efeito sobre a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra bruta, utilizando óleo essencial de semente de nós-moscada (*Myristica Fragrans Houtt*) para cabras, até 2 mL/kg MS de concentrado. Trabalho semelhante realizado por Torres et al. (2020) foram avaliados os efeitos da suplementação de óleo essencial em rações de ovinos, contudo sem efeitos decorrentes da inclusão de óleo essencial nas rações para digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica.

Desta forma, supõe-se que a efetividade do efeito do óleos essenciais é variável, há depender de adaptações no ecossistema microbiano do rúmen o que possibilita reversão dos potenciais efeitos, resultando principalmente em benefício de curto prazo (Belanche et al., 2020; Blanch et al., 2016; Benchar et al., 2011). Portanto, as respostas altamente variáveis apresentadas com óleos essenciais, são descritas devido a uma série de razões, como o método de extração do óleo, dose utilizada no ensaio, composição do óleo essencial, tipo de dieta fornecida aos animais, espécie e idade do animal e período de suplementação de fornecimento (Benchar et al., 2011; Garcia et al., 2020).

Desta forma, seus efeitos devem ser confirmados para que sejam amplamente adotados. Visto que, grande parte das pesquisas que investigaram os efeitos do óleos essenciais foram desenvolvidos em estudos laboratoriais (*in vitro*) possibilitando utilizar altas dosagem, entretanto, impraticáveis quando aplicados em estudos baseados em animais (*in vivo*) (Benchaar et al., 2008; Patra & Saxena, 2010; Benchaar & Greathead, 2011). Outro fator de grande impacto é a variabilidade dos estudos conduzidos com animais, sejam em virtude do tempo de exposição dos animais aos compostos, da composição ou das formas de aplicação destes compostos ou óleos essenciais.

## **Conclusão**

A suplementação com 300 mg timol/kg MS na dieta de cabritos ½Boer-Saanen melhorou o ganho de peso, a ingestão da matéria seca e dos nutrientes sem afetar a digestibilidade, desta forma, resultando em melhor desempenho dos cabritos.

## **Agradecimentos**

Agradecemos e reconhecemos os esforços de colaboração entre o Departamento de Zootecnia, o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá e a GRASP. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Finanças 001, pelo apoio financeiro (bolsa de pesquisa)”, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Cadeia Produtiva do Leite (INCT-LEITE/UEL/UEM-PR), Londrina/Maringá, Paraná, Brasil (CNPq – INCT-Leite, bolsa nº 465725/2014-7), Brasília, DF, Brasil, Fundação Araucária, Curitiba, Paraná, CNPq – “Produtividade em Pesquisa/2021/24 - CNPq/GRANTS - Proc. 306.964/2021-0”.

## **Declaração de conflito de interesses**

Os autores declaram que não há conflito de interesses associado com esta publicação.

## **Referências**

Aghwan, Z.A., Alimon, A.R., Goh, Y.M., Nakyinsige, K., Sazili, A.Q. 2014. Fatty acid profiles of supraspinatus, longissimus lumborum and semitendinosus muscles and serum in kacang goats supplemented with inorganic selenium and iodine. Asian-Australasian journal of animal sciences, 27(4), 543.

Amin, N., Tagliapietra, F., Arango, S., Guzzo, N., Bailoni, L. 2021. Free and microencapsulated essential oils incubated in vitro: ruminal stability and fermentation parameters. *Animals*, 11(1), 180.

Anaeto, M., Adeyeye, J.A., Chioma, G.O., Olarinmoye, A.O., Tayo, G.O. 2010. Goat products: Meeting the challenges of human health and nutrition. *Agriculture and Biology Journal of North América*, 6, 1231-1236.

AOAC., 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.

Arshad, M.S., Sohaib, M., Ahmad, R.S., Nadeem, M.T., Imran, A., Arshad, M.U., Kwon, J. H., Amjad, Z. 2018. Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids. *Lipids Health Dis.* 17, 223.

Arteaga-Wences, Y. J., Estrada-Angulo, A., Ríos-Rincón, F. G., Castro-Pérez, B. I., Mendoza-Cortéz, D. A., Manriquez-Núñez, O. M., Plascencia, A. 2021. The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. *Small Ruminant Research*, 205, 106557, 2021.

Aydin, Ö.D., Merhan, O., Yildiz, G., Ulufer, S. 2020. The effect of oregano oil (*Origanum vulgare*) on the fattening performance and blood oxidant-antioxidant balance in post-weaned tuj lambs. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26(1).

Belanche, A., Newbold, C J., Morgavi, D.P., Bach, A., Zweifel, B., Yáñez-Ruiz, D.R. 2020. A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend agolin ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. *Animals*, 10(4), 620.

Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Colombatto, D., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A., 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145, –228.

Benchaar, C., Greathead, H. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from uminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166, 338–355.

Benchaar, C., Greathead, H. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from uminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166, 338–355.

- Blanch, M., Carro, M., Ranilla, M.J., Viso, A., Vazquez-Anon, M., Bach, A. 2016. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 219, 313–323.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Cardozo, P.W. and Kamel, C. 2005. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *Journal of Dairy Science.* 88, 2508-2516.
- Carlucci, A., Girolami, A., Napolitano, F., Monteleone, E. 1998. Sensory evaluation of young goat meat. *Meat Science.* 50, 131–136.
- Cochran, R.C., Adams, D.C., Wallace, J.D., Galyean, M.L. 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *Journal of Animal Science*, 63(5), 1476-1483.
- Detmann, E., Paulino, M. F., Mantovani, H. C., Valadares Filho, S. D. C., Sampaio, C. B., de Souza, M. A., Detmann, K. S. 2009. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis–Menten kinetics. *Livestock Science*, 126(1-3), 136-146.
- Di Pasqua, R.; Mamone, G.; Ferranti, P.; Ercolini, D.; Mauriello, G. 2010. Changes in the proteome of *Salmonella enterica* serovar Thompson as stress adaptation to sublethal concentrations of thymol. *Proteomics*.
- Ebeid, H. M., Mengwei, L., Kholif, A.E., Hassan, F.U., Lijuan, P., Xin, L., Chengjian, Y. 2020. Moringa oleifera oil modulates rumen microflora to mediate in vitro fermentation kinetics and methanogenesis in total mix rations. *Current microbiology*, 77(7), 1271-1282.
- Fugita, C.A., Prado, R.M, Valero, M.V., Bonafé E.G., Carvalho, C.B.; Guerrero, A. 2017. Effect of the inclusion of natural additives on animal performance and meat quality of crossbred bulls (Angus × Nellore) finished in feedlot. *Animal Production Science*, 58(11), 2076-2083.
- Garcia, F., Colombatto, D., Brunetti, M.A., Martínez, M.J., Moreno, M.V., Scorcione Turcato, M., Martínez Ferrer, J. 2020. The reduction of methane production in the in vitro ruminal fermentation of different substrates is linked with the chemical composition of the essential oil. *Animals*, 10(5), 786.

- Geraci, J.I., Garciarena, A.D., Gagliorostro, G.A., Beauchemin, K.A., Colombatto, D. 2012. Plant extracts containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diets: Ruminal environment, short term intake pattern and animal performance. *Animal Feed Science and Technology*. 13, 873-879.
- Giller, K., Rilko, T., Manzocchi, E., Hug, S., Bolt, R., Kreuzer, M. 2020. Effects of mixed essential oils from eucalyptus, thyme and anise on composition, coagulation properties and antioxidant capacity of the milk of dairy cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 29(1), 3-10.
- Hernandez, A., Kholif, A.E., Lugo-Coyote, R. 2017 The effect of garlic oil, xylanase enzyme and yeast on biomethane and carbon dioxide production from 60-d old Holstein dairy calves fed a high concentrate diet *Journal of Cleaner Production*, 142, 2384-2392.
- Lima, R.N., Lima Lopes, K.T., Moura, A.K.B., Morais, J.H.G., Miranda, M.V.F.G. Oliveira Lima, P. 2013. Utilização de aditivos na alimentação de ruminantes. *PUBVET*, 7, 2446-2564.
- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*. 49, 241-256.
- McIntosh, F.M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R.J., Beaver, D.A. Newbold, C.J. 2003. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied and Environmental Microbiology*. 69, 5011-5014.
- Newbold, C.J., El Hassan, S.M., Wang, J., Ortega, M.E. Wallace, R.J. 1997. Influence of foliage from African multipurpose trees on activity of rumen protozoa and bacteria. *Br. Journal of Nutrition*. 78, 237-249.
- Patra, A.K. 2011. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(5), 416-428, 2011.
- Ratna Amalia, R., Hanim, C., Yusiati, L. M., Muhlisin, M. 2022. Effect of Dietary Supplementation of Nutmeg Seed Essential Oil on Nutrient Consumption and Digestibility of Ettawa Crossbreed Goat. In: 6th International Seminar of Animal Nutrition and Feed Science (ISANFS 2021). Atlantis Press, 35-38.

- Salem, A.Z.M., Arnoldo, G., Mona, M.Y., Luis, M., Ahmed, E., Kholif, C., Dominguez, I., Jimenez, R., Almaraz, E., Martínez, A., Mariezcurrena, M. 2014. Influence of *Salix babylonica* extract in combination or not with increasing levels of mineral mixture on *in vitro* rumen gas production kinetics of a total mixed ration. Italian Journal of Animal Science. 13, 873-879.
- Shirahigue, L.D., Contreras-Castillo, C.J., Selani, M.M., Nadai, A.P., Mourão, G.B., Gallo, C.R. 2011. Winery grape-residue extract: Effects on quality and sensory attributes of cooked chicken meat. Food Sci. Biotechnol. 20, 1257–1264.
- Sniffen, C.J., O'connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of animal science, 70(11), 3562-3577.
- Souza, K.A., Monteschio, J.O., Mottin, C., Ramos, T.R., Pinto, L.A.M., Eiras, C.E., Guerrero, A., Prado, I.N. 2019. Effects of diet supplementation with clove and rosemary essential oils and protected oils (eugenol, thymol and vanillin) on animal performance, carcass characteristics, digestibility, and ingestive behavior activities for Nelore heifers finished in feedlot. Livestock Science, 220,190-195.
- Torres, R.N.S., Moura, D.C., Ghedini, C.P., Ezequiel, J.M.B., Almeida, M.T.C. 2020. Meta-analysis of the effects of essential oils on ruminal fermentation and performance of sheep. Small Ruminant Research, 189, 106148.
- Ungerfeld, E.M. 2020. Metabolic hydrogen flows in rumen fermentation: principles and possibilities of interventions. Frontiers in Microbiology, 11, 589.
- Valero M.V., Torrecilhas, J.A., Zawadzki, F., Bonafé, E.G. Madrona, G.M., Prado, R.M. 2014. Propolis or cashew and castor oils effects on composition of Longissimus muscle of crossbred bulls finished in feedlot. Chilean journal of agricultural research, 74(4), 445-451.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to nutrition. Journal of Dairy Science, 74, 3583-3597.
- Vargas, J.E., Andrés, S., López-Ferreras, L., Snelling, T.J., Yáñez-Ruíz, D.R., García-Estrada, C., López, S. 2020. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. Scientific Reports, 10(1), 1-9.

Webb, E.C., Casey, N.H., & Simela, L. 2005. Goat meat quality. *Small ruminant research*, 60(1-2), 153-166.

Yagoubi, Y., Srihi, H., Saïd, S.B., Smeti, S., Mahouachi, M., Atti, N. 2021. Diet digestibility, nitrogen balance, growth and carcass composition of Barbarine lambs as affected by nitrogen source and rosemary residues substitution in concentrate. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 21(2), 275-287.

**Tabela 1.** Composição química dos alimentos utilizados na formulação das rações em g /kg de matéria seca (MS).

Item (g/kg)	Silagem de milho	Milho moído	Farelo de soja	Farelo de trigo
Matéria seca	269,790	883,382	884,217	883,663
Matéria orgânica	957,470	988,082	936,883	982,243
Matéria mineral	42,530	11,918	71,149	19,733
Proteína bruta	80,851	77,553	500,787	138,981
Extrato Etéreo	27,832	36,508	10,645	30,401
Fibra em Detergente Neutro	615,627	153,963	123,213	340,743
Carboidratos não fibrosos	233,160	720,058	294,207	470,142
Carboidratos Totais	848,787	874,021	417,419	810,885
Fibra em Detergente Neutro indigestível	177,088	59,179	87,459	139,283

**Tabela 2.** Composição em matéria seca (g/kg) e química das rações (g/kg MS).

Item	Rações <sup>1</sup>		
	Controle	Timol	Carvacrol
Silagem de milho	300,00	300,00	300,00
Milho moído	368,75	368,45	368,45
Farelo de soja	161,25	161,25	161,25
Farelo de Trigo	150,00	150,00	150,00
Timol, (g/kg MS)		0,300	
Carvacrol, (g/kg MS)			0,300
Suplemento mineral <sup>2</sup>	20,00	20,00	20,00
Matéria seca <sup>3</sup>	681,81	681,55	681,55
Matéria orgânica	950,0	949,71	949,71
Matéria mineral	31,59	31,58	31,58
Proteína bruta	154,45	154,43	154,43
Extrato Etéreo	28,09	28,08	28,08
Fibra em Detergente Neutro	312,44	312,40	312,40
Carboidratos não fibrosos	453,43	453,22	453,22
Carboidratos Totais	709,10	765,61	765,61
Fibra em Detergente Neutro indigestível	109,94	109,93	109,93

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>Composição do suplemento mineral: ácido linoleico 3.300 mg, cálcio 130/140 g, cobalto 90 mg, cobre 150 mg, colina 910 mg, cromo 1.083 mg, enxofre 5.000 mg, fósforo 60 g, flúor 600 mg, iodo 180 mg, lisina 373 mg, magnésio 5.000 mg, manganês 400 mg, metionina 172 mg, selênio 13 mg, sódio 136 g, tirosina 106 mg, zinco 3.000 mg; <sup>3</sup>g/kg de matéria natural.

**Tabela 3.** Desempenho produtivo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros	Rações <sup>1</sup>			Gênero		CV (%) <sup>4</sup>	p-valor <sup>5</sup>		
	CON	TIM	CAR	Macho	Fêmea		R	G	R x G
Peso corporal inicial (kg)	17,62	16,68	17,54	18,55	16,00	-	-	-	-
Peso corporal final (kg)	31,86b	33,06a	31,29b	32,47a	31,67b	4,22	<.0001	<.0001	0.376
<b>Ingestão (g /kg MS)</b>									
Matéria seca	939,0b	970,1a	931,0b	975,6a	917,9b	12,94	<.0001	<.0001	0,693
Matéria seca, (% PV)	3,00b	3,02a	3,04b	3,08a	2,96b	12,04	<.0001	<.0001	0,474
Matéria orgânica	890,7b	920,1a	885,2c	926,1a	871,2b	12,92	<.0001	<.0001	0,692
Proteína bruta	147,9b	152,6a	144,0c	152,5a	143,9b	12,97	<.0001	<.0001	0,754
Extrato etéreo	22,5b	24,4a	21,3c	23,4a	22,0b	12,15	<.0001	<.0001	0,735
Fibra em detergente neutro	272,8b	273,3a	263,9c	278,1a	261,9b	13,27	<.0001	<.0001	0,696
Carboidratos não fibrosos	460,5b	477,0a	435,1c	471a	443b	12,95	<.0001	<.0001	0,702
Carboidratos totais	719,5b	746,5a	715,4c	749,5a	704,8b	12,99	<.0001	<.0001	0,680
Nutrientes digestíveis totais	699,40b	702,67a	700,54b	699,37b	702,36	5,35	<.0001	<.0001	0,838
<b>Desempenho (kg /dia)</b>									
Ganho de médio diário	0,160b	0,166a	0,145c	0,167a	0,147b	17,73	<.0001	<.0001	0,5421
Ganho de peso total	14,58b	15,78a	14,01b	15,20a	14,39b	9,15	<.0001	<.0001	0,376
Conversão alimentar	5,96a	5,95a	6,56c	5,94b	6,36a	16,08	<.0001	<.0001	0,747
Idade ao abate (dias)	183,15c	189,87b	192,96a	185,98b	191,35a	9,97	<.0001	<.0001	0,079
Dias em confinamento	94,75c	97,88b	99,26a	93,44b	101,15a	13,73	<.0001	<.0001	0,658

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>4</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>5</sup>a,b Diferentes letras nas linhas significam diferença significativa (\*P < 0.05, \*\*P < 0.01 e \*\*\*P < .001)

**Tabela 4.** Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes das dietas de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros (g/kg)	Rações <sup>1</sup>			Gênero		CV (%) <sup>2</sup>	<i>p</i> -valor <sup>3</sup>		
	CON	TIM	CAR	Macho	Fêmea		R	G	R x G
Matéria seca	699,3	699,4	703,0	691,1	710,0	6,38	0,978	0,259	0,832
Matéria orgânica	709,9	715,3	718,3	704,3	724,7	6,10	0,910	0,211	0,807
Proteína bruta	666,5	657,4	648,8	650,9	664,2	9,07	0,804	0,547	0,822
Extrato etéreo	781,1	780,8	767,8	781,2	771,8	6,18	0,782	0,596	0,527
Fibra em detergente neutro	421,6	415,8	444,4	412,3	442,2	17,57	0,670	0,287	0,899
Carboidratos não fibrosos	901,6	907,5	894,0	895,6	906,4	3,30	0,603	0,329	0,565
Carboidratos totais	717,8	728,2	730,3	714,8	736,1	5,77	0,776	0,178	0,763
Nutrientes digestíveis totais	697,5	705,8	699,1	692,5	709,1	5,65	0,884	0,263	0,722

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>3</sup>R = Rações (CON, TIM ou CAR); G = gênero (macho ou fêmea); <sup>a,b</sup> Diferentes letras nas linhas significam diferença significativa (\*P < 0.05, \*\*P < 0.01 e \*\*\*P < .001)

## V - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DA CARÇAÇA E QUALITATIVAS DA PALETA E DO LOMBO DE CABRITOS MESTIÇOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Artigo redigido seguindo as normas da revista *Tropical Animal Health and Production*

**Resumo:** Objetivou-se, neste estudo, avaliar as características da carcaça, as proporções de cortes comerciais, composição tecidual e composição química da paleta e do lombo de cabritos mestiços ½ Boer x Saanen em confinamento. Foram utilizados 30 cabritos ½Boer- Saanen, abatidos com  $32 \pm 2,015$  kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados sendo dois gêneros (machos e fêmeas) e três rações (sem inclusão de compostos antioxidantes (CON); com inclusão de 300 mg timol/kg MS (TIM) e 300 mg carvacrol/kg MS (CAR), abatidos com  $32 \pm 2,015$  kg. As rações não influenciaram nas características da carcaça, cortes comerciais, medidas do lombo, composição tecidual e química das paletas e dos lombos. Para os cortes comerciais, os machos apresentaram maior peso de costilhar (2,15%). Na composição tecidual da paleta, para os machos, maiores médias foram observadas na quantidade de músculo (66,75%) e osso (20,76%) ( $P \leq 0,05$ ). As fêmeas mostraram maior quantidade de gordura (16,17%) e lipídeos na composição química (3,70%) da paleta. Para a composição química do lombo, efeitos ( $P \leq 0,05$ ) foram observados verificando-se maiores teores de umidade (75, 41%) nas amostras dos machos e para as fêmeas maiores valores de lipídeos na composição química (3,36%). O uso dos compostos antioxidantes (TIM ou CAR) demonstrou efeito ( $P \leq 0,05$ ) para a avaliação da oxidação lipídica determinada no lombo e na paleta. Nas amostras da paleta, observou-se maiores valores (1,09 mg MAD/ kg) para o tratamento TIM, seguido do COM (0,838 mg MAD/ kg) e o CAR (0,727 mg MAD/ kg). As amostras do lombo, apresentaram valores semelhantes, sendo 0,388 mg MAD/ kg; 0,353 mg MAD/ kg e 0,293 mg MAD/ kg, para COM, TIM, e CAR, respectivamente. Nas amostras de lombo dos cabritos machos foram observados maiores médias (0,374 mg MAD/ kg). O teste DPPH não apresentou diferenças nas amostras de paleta e lombo. O ABTS não apresentou diferenças dos compostos nas amostras de lombo, porém, para as amostras da paleta foram observados efeitos significativos. Valores maiores foram observados nas amostras CON quando confrontadas com as amostras suplementadas com TIM ou CAR. A inclusão de compostos antioxidantes não apresentou efeito sobre as características quantitativas da

carcaça e qualitativas da paleta e do lombo, entretanto, a inclusão de 300mg carvacrol/kg MS (CAR) foi mais eficaz na oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Antioxidantes; Caprinos; *Longissimus lumborum*; *Origanum Vulgare*; *Tymus Vulgare*

## QUANTITATIVE CARCASS AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE SHOULDER AND LOIN OF GOATS ½BOER-SAANEN SUPPLEMENTED WITH ANTIOXIDANT COMPOUNDS IN THE DIET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Article Written following the rules of the journal *Tropical Animal Health and Production*

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the carcass characteristics, proportions of commercial cuts, tissue composition and chemical composition of the shoulder and loin of crossbred ½ Boer x Saanen young goats in confinement. Thirty ½ Boer-Saanen young goats were used, slaughtered at  $32 \pm 2.015$  kg, distributed in a randomized block design with two genders (males and females) and three diets (without inclusion of antioxidant compounds (CON); with inclusion of 300 mg thymol/kg DM (TIM) and 300 mg carvacrol/kg DM (CAR), slaughtered with  $32 \pm 2.015$  kg. The proportions did not influence the characteristics of the carcass, commercial cuts, loin measurements, tissue and chemical composition of the shoulders and loins. In the tissue composition of the shoulder, for males ( $P \leq 0.05$ ), higher averages were observed in the amount of muscle (66.75%) and bone (20.76%). Females showed higher amounts of fat (16.17%) and lipids in the chemical composition (3.70%) of the shoulder. For the chemical composition of the loin, effects ( $P \leq 0.05$ ) were observed by verifying higher moisture contents (75.41%) in the samples of males and, for females, higher values of lipids in the chemical composition (3.36%). The use of antioxidant compounds (TIM or CAR) showed an effect ( $P \leq 0.05$ ) for the evaluation of lipid oxidation determined in the loin and shoulder. The shoulder samples showed higher values (1.09 mg MAD/kg) for the TIM treatment, followed by COM (0.838 mg MAD/kg) and CAR (0.727 mg MAD/kg). The loin samples showed similar values, being 0.388 mg MAD/kg; 0.353 mg

MAD/kg and 0.293 mg MAD/kg, for COM, TIM, and CAR, respectively. In samples of loin from male kids, higher averages were observed (0.374 mg MAD/kg). The DPPH test showed no differences in shoulder and loin samples. The ABTS did not show differences of the compounds in the loin samples, however, for the shoulder samples, significant effects were observed. Higher values were observed in CON samples when compared with samples supplemented with TIM or CAR. The inclusion of antioxidant compounds did not affect the quantitative characteristics of the carcass and the qualitative characteristics of the shoulder and loin, however, the inclusion of 300mg carvacrol/kg DM (CAR) was more effective in lipid oxidation.

**Keywords:** Antioxidants; Goats; *Longissimus lumborum*; *Origanum Vulgare*; *Tymus Vulgare*

## Introdução

Os caprinos são animais prolíficos com boa capacidade de adaptação a condições climáticas adversas. Difundida em todo o mundo (Dubeuf, 2011; Iñiguez, 2011), a espécie constitui uma importante fonte de carne, leite e pele. O potencial da espécie caprina para produzir carne de alta qualidade se reflete principalmente em suas gorduras saudáveis, gorduras intramusculares, gorduras saturadas e, principalmente, as proporções de ácidos graxos insaturados e saturados, bem como ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (Ivanović et al., 2020).

A carne caprina é caracterizada pela baixa porcentagem de gordura e menos gordura intramuscular, em média 75,84% de umidade, 20,60% de proteína e 2,3% de lipídios totais (USA, 2022). Comparativamente a carne caprina apresenta maior porcentagem de umidade que a carne bovina e menor de lipídios totais, 70% e 3,7 a 5%, respectivamente (TACO, 2011).

O vermelho intenso é a cor predominante na coloração da carne caprina, reflexo de maiores valores do pH final em comparação com outras carnes (Felício, 1997; Mancini & Hunt, 2005; Melo et al., 2016), acarreta em maior capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, menores perdas de água durante o cozimento.

A qualidade da carcaça e conseqüentemente da carne podem ser avaliadas pelas características qualitativas e composição química. Entretanto, o rendimento em cortes e as proporções teciduais são informações cruciais para avaliar as características quantitativas da carcaça, sendo parâmetros importantes na predição do desempenho produtivo dos animais. (Santos et al., 2008; Santos et al., 2018; Gois et al., 2019).

Os rendimentos dos cortes são definidos pelas distintas regiões anatômicas da carcaça. Contudo, diversas formas de separação da carcaça podem ser aplicadas, desta forma, os cortes são caracterizados pelo mercado consumidor, hábitos alimentares e costumes regionais (Panayotov, 2021; Van Wyk et al., 2020; Badillo et al., 2013). Em decorrência da elevada exigência do mercado consumidor e busca por maior padronização da carcaça, e conseqüentemente melhores rendimentos dos cortes, pesquisadores desenvolveram avaliação confiável capaz e prever o desenvolvimento e tamanho do tecido muscular. Portanto a musculatura da carcaça pode ser mensurada por meio da medida da área do músculo *Longissimus dorsi*, um músculo de maturidade tardia, ideal para representar o índice do desenvolvimento, além do amadurecimento tardio, é de fácil mensuração (Hashimoto et al., 2012; Farghaly et al., 2022).

Assim, identificar animais com elevada deposição muscular torna-se de extrema importância, permitindo obter animais com maior velocidade de crescimento e melhor conformação e composição muscular da carcaça, visto que, a carcaça representa a fração de maior valor comercial. Porém, as características de carcaça podem sofrer influência de fatores como grupo racial, sexo, idade, peso, manejo e nutrição (Ferreira et al., 2018). Contudo, a complexidade para a determinação dos parâmetros de carcaça é atribuível à interação de muitas variáveis, portanto, é imperativo avaliar o papel de cada componente considerando adequadamente sua intervenção (Assan et al., 2020). A interação de todos os fatores (genótipo e fatores não genéticos) e o regime nutricional prescrito nos distintos sistemas de produção poderá acarretar em desempenho produtivo insatisfatório, alterando os parâmetros da carcaça e interferindo na qualidade da carne.

Neste cenário, o confinamento pode ser utilizado como ferramenta para melhorar o desempenho facilitando o ganho de peso, acarretando em melhores índices de conformação e qualidade da carcaça, conseqüentemente do produto cárneo, em função da redução da idade ao abate. Entretanto, os custos de um sistema de produção animal utilizando alimentos tradicionais, como milho e soja, podem representar até 70% dos custos totais (McGrath et al., 2018). Portanto, a busca por fontes alternativas de alimentação ou aditivos alimentares que melhorem o desempenho, consumo e eficiência

alimentar, ou apresentem efeitos na qualidade da carcaça, promoverá redução dos custos de produção e desenvolvimento da caprinocultura de corte em virtude da maior rentabilidade e comercialização dos produtos caprinos.

Desta forma, a inclusão de aditivos naturais na dieta dos animais ou na conservação de produtos cárneos é estratégia vantajosa na busca por melhores resultados, sendo praticada bem aceita pelos consumidores. Desta maneira, os óleos essenciais são exemplos de aditivos naturais com atividade antioxidante (Vital et al., 2016; Kempinski et al., 2017), que apresentam efeitos sobre a fermentação e o metabolismo animal (Khiaosa-Ard & Zebeli, 2013; Belanche et al., 2020; Garcia et al., 2020; Kholif, 2020).

Por consequência, a utilização de compostos antioxidantes naturais torna-se alternativa viável, tendo em vista seus potenciais efeitos em prevenir ou retardar a oxidação quando adicionada aos alimentos. Por outro lado, a suplementação com compostos antioxidantes possibilita proteção contra o dano oxidativo da carne, com aumento dos níveis de antioxidantes intrínsecos, incorporando-os através das dietas. Além disso, a inclusão de antioxidantes naturais na dieta dos animais pode reduzir a taxa de oxidação da carne.

Desta forma, o estudo dos efeitos dos compostos antioxidantes dietéticos sobre o desempenho produtivo dos animais e seus impactos nas características quantitativas da carcaça e qualitativas da paleta e do lombo, possibilita o aperfeiçoamento do uso dos compostos visando obter produtos com melhor qualidade para os consumidores.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) no Setor de Caprinocultura e análises laboratoriais nas dependências do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) e no laboratório de Análises de Produtos Agropecuários, pertencentes à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Os procedimentos envolvendo animais foram realizados após aprovação do protocolo experimental pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo - 5247190121).

### *Delineamento e rações experimentais*

Foram utilizados 30 cabritos cruzados  $\frac{1}{2}$  Boer-Saanen (15 machos e 15 fêmeas), com peso corporal inicial de  $17 \pm 1,83$  kg. Antes do início do experimento, os animais foram vermifugados e distribuídos aleatoriamente em baias individuais, em instalação coberta, com piso suspenso ripado, e acesso a bebedouro automático com boia e acesso a água a vontade e comedouro individual.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 com 5 repetições (animais). Os tratamentos consistiram em três rações sendo: sem inclusão de compostos antioxidantes (CON), com inclusão de 300 mg timol/kg MS (TIM) e com inclusão de 300 mg carvacrol/kg MS (CAR) e dois gêneros (macho e fêmea). A inclusão dos compostos antioxidantes baseou-se em estudos anteriores desenvolvidos pelo grupo de pesquisa NUPEL-UEM e achados na literatura, utilizando como referência a capacidade antioxidantes dos óleos ou compostos antioxidantes. Os compostos timol e carvacrol foram adquiridos em parceria com a empresa GRASP®.

Os animais foram pesados no início do experimento em balança digital (capacidade máxima de 300 kg e precisão de 0,001), obtendo-se o peso inicial (PI) e quinzenalmente para acompanhamento do peso e para ajuste da ração de maneira que proporcionasse aproximadamente 10% de sobras, acompanhamento realizado até o final do período experimental, sendo obtido o peso final (PF) e a partir deste, determinados o ganho de peso total (GPT) e ganho de peso médio diário (GMD). Antes do fornecimento diário da ração, as sobras foram pesadas para realizar o controle da ingestão de matéria seca. Assim, determinou-se as ingestões de matéria seca diária e conversão alimentar (CA).

As rações foram formuladas, observando a proporção volumoso:concentrado (30:70), fornecidas como dieta total, para evitar a seleção e desperdício por parte dos animais, sendo fornecida duas vezes ao dia, às 08h00min e às 13h30min.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas utilizando silagem de milho como volumoso e concentrado à base de farelo de soja, farelo de trigo, milho moído, suplemento mineral-vitamínico e cloreto de amônio, ajustadas de acordo com as exigências para cabritos em crescimento, com ganho estimado de 150 g/dia, segundo National Research Council - NRC (2007), formulada para obter 15% de PB e 72% de NDT.

*Abate e avaliação de carcaça*

Os cabritos foram abatidos em frigorífico pertencente à Fazenda Experimental de Iguatemi – UEM, sob Inspeção Sanitária Municipal, de acordo com regulamento técnico de abate humanitário do Brasil Instrução Normativa Nº 3 de 2000 (Brasil 2000).

Ao atingirem o peso médio pré-estabelecido de  $32 \pm 2,015$  kg, os animais foram submetidos a jejum sólido por 16 h, sendo pesados para obtenção do peso vivo ao abate (PCA). No momento do abate, os animais foram insensibilizados por descarga elétrica (220 volts por 8 segundos), seguido de sangria através da secção das veias jugulares e das artérias carótidas, na sequência realizou-se a esfolia, para retirada da pele, da cabeça e das patas e evisceração para retirada dos órgãos internos. O trato gastrointestinal cheio (TGIC) foi pesado, esvaziado e limpo (TGIV) para a obtenção do peso vivo vazio (PCV), estimado pela diferença entre o PCA e os pesos referentes ao TGIC e TGIV. Após a separação dos não constituintes da carcaça, estas foram pesadas obtendo-se o peso da carcaça quente (PCQ) e para determinação do rendimento verdadeiro da carcaça ( $RVC = (PCQ/PCV) \times 100$ ).

Posteriormente, as carcaças foram penduradas pelo tendão em ganchos apropriados para a manutenção das articulações tarso metatarsianas distanciadas em 17 cm e mensurado o pH (pH 45'). Ao final do abate, as carcaças foram cobertas com sacos plásticos e transportadas para câmara frigorífica a 4 °C, onde permaneceram por 24 h.

Ao final do período de resfriamento, o pH foi mensurado (pH 24 h) e as carcaças foram pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF), em seguida, foi determinada a perda de peso da carcaça pelo resfriamento ( $PPR = [(PCQ - PCF) / PCQ \times 100]$ ) e o rendimento comercial da carcaça ( $RCC = (PCF/PCA) \times 100$ ), de acordo com a metodologia de Cézár e Sousa (2007).

As medidas da carcaça foram realizadas com fitas métricas (medidas de perímetros) e compasso de madeira (largura) de acordo com Cezar e Souza (2007). Dentre as medidas de perímetro, foram o comprimento de perna - CP (distância entre o períneo e o bordo anterior das superfícies articulares tarso-metatarsianas) e o comprimento interno da carcaça - CIC (distância máxima entre o bordo anterior da sínfise ísquio-púbica e o bordo anterior da primeira costela em seu ponto médio). Com o compasso, foi mensurada a largura da garupa (LG). Por meio destas mensurações, pôde-se determinar o índice de compacidade da carcaça ( $ICC = PCF / CIC$ ) e o índice de compacidade da perna ( $ICP = LG / CP$ ).

Após o peso da carcaça fria, a cauda foi retirada da carcaça e pesada individualmente, em seguida, as carcaças foram divididas longitudinalmente, sendo a meia carcaça

esquerda seccionada em cinco regiões anatômicas ou cortes comerciais: perna, lombo, costilhar, paleta e pescoço. Cada corte foi pesado separadamente e o rendimento dos cortes foi determinado pela relação entre o peso do corte e o peso da meia carcaça.

A área de olho de lombo (AOL) do músculo *Longissimus lumborum* por meio de delineamento com o uso de papel transparência e caneta apropriada (Silva Sobrinho et al., 2005), sendo área determinada por meio do programa AUTOCAD®. Sob o corte do lombo, com o auxílio de um paquímetro digital (100.174BL, Digimes, China), foram retiradas quatro medidas: comprimento maior do músculo (A), comprimento menor do músculo (B), espessura de gordura sobre o músculo (C), continuação do eixo B e espessura máxima de gordura subcutânea no perfil do músculo (J).

O lombo e a paleta esquerdos de cada animal foram coletados para a dissecação, composição centesimal do músculo, avaliação das perdas por cocção, força de cisalhamento e perfil antioxidante. As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas e armazenadas em freezer até o início das análises.

#### *Análises físico-químicas do lombo e da paleta*

Para realizar as dissecações dos lombos e das paletas, as amostras foram descongeladas e dissecadas para determinar as proporções de osso, músculo e gordura (Sañudo e Sierra, 1986). Os músculos dos lombos e das paletas foram triturados em processador, homogeneizados, pesados, secos em estufa de ventilação forçada (MA035, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 55 °C por 72 h, e moídos em moinho tipo bola (MA350, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil).

Foram realizadas as análises de umidade (matéria seca pelo método 950.15), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (método de Kjeldahl 984.13) e lipídios (método 920.39) de acordo com AOAC (2000).

Para a avaliação física de perda de água por cocção (PPC), as amostras do músculo utilizadas foram cortadas em duas amostras de 2,5 cm de espessura, pesadas e envoltas em papel alumínio para cozimento em “grill” pré-aquecido a 170 °C, e monitoradas ao centro geométrico por termômetros tipo espeto até atingir a temperatura interna de 72 °C. Após, foram retirados do “grill”, secos em papel absorvente e deixados em repouso por 25 min para que resfriasse à temperatura ambiente e, em seguida, pesados novamente. A

perda de peso no cozimento foi calculada a partir equação (1) utilizando as diferenças no peso da amostra crua e amostras cozidas.

$$PPC (\%) = \frac{(\text{peso amostra crua} - \text{peso amostra cozida})}{\text{peso amostra crua}} \quad (1)$$

Para a avaliação da capacidade de retenção de água (CRA) seguiu-se o método sugerido por Jauregui et al. (1981) com adaptações Ángel-Rendón et al. (2019). Amostras de  $1,5 \pm 0,100$  g foram envoltos em um papel de filtro nº 3 previamente pesado, e em papel de filtro nº 50. As amostras foram centrifugadas a 9000 rpm por 20 min a 4 °C. Em seguida, o papel de filtro nº 3 contendo a amostra foi pesado para determinação de CRA usando a seguinte equação (2), onde  $W_{sp}$  é o peso final da amostra e do papel de filtro nº 3,  $W_p$  é o peso inicial do papel de filtro nº 3,  $W_s$  é o peso inicial da amostra e  $MC$  é o teor de umidade.

$$CAR = \frac{(W_{sp} - W_p) - \left( W_s - \left( \frac{W_s * MC}{100} \right) \right)}{W_s} \quad (2)$$

Para determinação da força de cisalhamento (FC), foi utilizado o protocolo de análise Warner-Bratzler Shear Force – WBSF (Wheeler et al., 2007). Após a cocção, as amostras foram cortadas na forma de paralelepípedos de acordo com a orientação das fibras apresentando dimensão de  $1,0 \times 1,0 \times 3,0$  cm. As amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina Warner-Bratzler, acoplada ao texturômetro (CT3, Texture Analyzer Brookfield®), o instrumento foi ajustado para velocidade de 2 mm/s, distância alvo de 30 mm e trigger de 10 g, seguindo o protocolo proposto por Honikel (1998), sendo os resultados expressos em quilograma força (kgf).

### *Análises da atividade antioxidante da carne*

O extrato para análises de DPPH· (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) e ABTS+ [2,2'-azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] foram realizados utilizando 5 g de carne em 10 mL de solução extratora (metanol). Para análise das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), seguiu-se mesma proporção, 5 g de carne em 10 mL da solução extratora (7,5% ácido tiobarbitúrico, 0,1% ácido gálico e 0,1% EDTA). Sendo posteriormente homogeneizados em Ultra Turax (IKA T10) 15 seg e centrifugados a 4 °C em 6000 g × 15 min, em seguida os extratos foram filtrados em papel filtro qualitativo.

A atividade redutora de radicais livres do DPPH seguiu metodologia descrita por Brand-Williams et al. (1995) com adaptações de Wende Li et al. (2005). O extrato da carne (100 µL) foi misturado com 1,9 mL do radical DPPH (0,06 Mm), deixado em repouso ao abrigo da luz por 30 min, em seguida procedeu-se a absorvância a 515 nm em espectrofotômetro. A atividade de eliminação do radical DPPH foi expressa como porcentagem de eliminação do radical, calculada com uso da equação da reta gerada da curva entre concentração e porcentagem de inibição. A absorvância foi medida em 515 nm em placa de micro titulação, método de difusão em placa de orifício, pelo leitor de microplacas Versa Max Tunable (Microplate Read, California, EUA), usando placa de cultura de tecidos de fundo plano (96 poços) contra um branco, sendo a atividade de eliminação de radicais DPPH expressa como IC50 mg/mg.

A atividade de eliminação do radical ABTS das amostras de carne foi determinada como descrito por Erel et al. (2004), com a adição de 25 µL do extrato em 1000 µL do reagente 1 (solução tampão acetato 0,4 mol/l (pH 5,8)) + 100 µL do reagente 2 (solução tampão acetato 30 mol/l (pH 3,6) + peróxido de hidrogênio + ABTS·). A absorvância foi realizada em 734 nm (Espectrofotômetro Evolution 300 UV-VIS, Thermo Fisher Scientific, EUA) após 5 min de reação. A porcentagem de eliminação do radical foi calculada com uso da equação da reta gerada da curva entre concentração de Trolox e porcentagem de inibição. Os resultados foram expressos como mg equivalentes Trolox/mg de amostra.

A análise de TBARS foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Vyncke (1970) com adaptações de Vital et al. (2016). Uma alíquota de 1,5 mL do extrato foi transferida para tubos falcon contendo 1,5 mL de solução de ácido tiobarbitúrico ((10 mL, TCA 7,5%, ácido gálico 0,1% e EDTA 0,1%), aquecida em banho fervente (100 °C)

durante 15 min, esfriada e lida a 531 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos como mg equivalentes de malondialdeído (MDA)/kg de amostra.

#### *Análise instrumental de cor - CIELAB*

As medições dos parâmetros de cor foram efetuadas usando o sistema CIELAB com um Minolta CR-400 Chroma meter (Japão) (com ângulo de visão de 10°, iluminante D65, 8 mm de abertura com um cone fechado). Os parâmetros L\* (luminosidade), a\* (vermelhidão) e b\* (amarelecimento) foram realizados em seis pontos selecionados aleatoriamente sobre a superfície das amostras do músculo *Longissimus lumborum* e os índices de intensidade de chroma [ $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$ ] (Hunt et al., 1991; Ripoll et al., 2013). Cada amostra foi exposta ao oxigênio por 30 minutos antes da leitura, sendo as medições realizadas a temperatura ambiente (20 °C).

#### *Análises estatísticas*

Para avaliar a presença de outliers foi utilizado o procedimento UNIVARIATE. Em seguida os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para isso, foi utilizado o procedimento Proc Mixed do pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, EUA). Efeitos foram declarados significativos quando  $P < 0,05$ .

## **Resultados**

#### *Características quantitativas das carcaças*

As rações com compostos antioxidantes (TIM ou CAR) não influenciaram ( $P > 0,05$ ) as características de carcaças. No entanto, para o fator gênero diferenças ( $P \leq 0,05$ ) foram observadas para o peso corporal ao abate (PCA), peso corporal vazio (PCV), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCF), sendo os melhores resultados apresentados pelos cabritos machos (Tabela 2).

O PCQ e PCF também não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelas rações (15,05 kg e 14,79 kg) com perda por resfriamento (PPR) de 1,64%. Entretanto, efeitos significativos

( $P \leq 0,05$ ) foram observado para o fator gênero, nas variáveis PCA, PCV, PCQ e PCF, com maiores valores atribuídos aos animais machos.

O uso de compostos antioxidantes dietéticos nas rações (TIM ou CAR) não apresentou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para rendimento verdadeiro (RV), rendimento comercial da carcaça (RCC), índice de compacidade da carcaça (ICC) e índice de compacidade da perna (ICC) (Tabela 2).

#### *Rendimento dos cortes da carcaça*

As rações não influenciaram ( $P > 0,05$ ) os rendimentos dos cortes da carcaça (Tabela 3). No entanto, para o fator gênero diferenças ( $P \leq 0,05$ ) foram observadas para o peso do pescoço e do costilhar, sendo os valores mais altos determinados para os animais machos (0,744 kg e 2,15 kg; respectivamente). Entretanto, ao avaliar a porcentagem dos cortes em relação a meia carcaça, não foi identificado diferenças ( $P > 0,05$ ) entre machos e fêmeas.

Os resultados demonstraram sendo a perna como o maior corte percentualmente em relação a carcaça – 29,23% (2,17 kg). Sendo os demais corte de 9,10% (0,980 kg) para a pescoço, 19,21% (1,42 kg) para a paleta e 27,77% (2,07 kg) para o costilhar, sendo a menor porcentagem observado 14 % (1,04 kg) para o lombo.

#### *Composição tecidual e química da paleta*

Para proporção dos tecidos da paleta (Tabela 4) efeitos ( $P \leq 0,05$ ) foram observados quanto as rações apenas para a proporção músculo:osso. A composição química, não apresentou efeito ( $P > 0,05$ ) das rações com compostos antioxidantes dietéticos. No entanto, entre os gêneros observou-se diferenças ( $P \leq 0,05$ ) para ambas as variáveis, sendo a porcentagem de músculo (66,75%) e osso (20,76%) observados nos machos maiores em relação as fêmeas, estas apresentaram maior proporção de gordura (16,17%) e músculo:osso (3,42%).

Para os gêneros as proporções dos tecidos foram observadas maior proporção de músculo nos machos (66,75%) em relação as fêmeas (64,78%), diferença de 2,95%. As fêmeas apresentaram maior proporção de gordura (16,17%), diferença de 22,8% para os machos. A proporção de osso, foram maiores nas amostras dos machos (20,76%),

consequentemente, a proporção músculo: osso para os machos foi menor (3,23%) em relação as fêmeas (3,43%).

#### *Composição tecidual e química do lombo*

Para a composição tecidual do *Longissimus lumborum*, os compostos antioxidantes dietéticos fornecidos aos animais (TIM e CAR), apresentaram efeitos significativo ( $P \leq 0,05$ ) para porcentagem de osso e relação músculo: osso (Tabela 5).

A composição química do músculo *Longissimus lumborum* não se alterou com a inclusão dos compostos antioxidantes dietéticos ( $P > 0,05$ ). Entretanto, diferenças ( $P \leq 0,05$ ) na composição química (Tabela 5) foram observadas quanto aos gêneros, sendo os maiores valores determinados nos teores de umidade das amostras dos cabritos machos com 75%, em relação aos obtidos para as fêmeas de 74%.

A porcentagem de osso avaliada no corte lombo dos animais com a dieta apresentaram 11,77%, e 10,74% para TIM e CAR, respectivamente, valores menores aos determinados para os lombos dos animais sem compostos antioxidantes na dieta (CON), representando em torno de 25% (TIM) e 32% (CAR), menos osso para o corte avaliado, portanto, maior porcentagem de músculo e consequentemente de carne. O fator gênero (macho ou fêmea) também apresentou diferenças ( $P \leq 0,05$ ). Os animais machos apresentaram maior porcentagem de osso em relação as fêmeas, em média 21%.

#### *Avaliação da Área de olho de Lombo*

Não foram observados efeitos dos tratamentos ( $P > 0,05$ ) nas medidas de área de olho de lombo (AOL), comprimento maior, comprimento menor e espessura maior de gordura (Tabela 6). Entretanto, a medida para espessura menor de gordura (C) apresentou diferenças entre machos (1,025 mm) e fêmeas (0,809 mm).

#### *Características qualitativas do lombo*

As coordenadas de cor do músculo *Longissimus lumborum* são apresentadas na Tabela 7. Não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) para os valores de luminosidade

(L\*), vermelhidão (a\*), amarelamento (b\*) e Chroma\*, independente da ração ou do gênero avaliado, com valores médios de 42,66; 10,67; 13,30 e 17,11, respectivamente.

Os valores de pH (Tabela 7) não apresentaram diferenças ( $P>0,05$ ), sendo 5,74; 5,553 e 5,523 para CON, TIM e CAR, respectivamente, permanecendo dentro da faixa descrita na literatura, valor ao redor de 5,5 após 24 h (Ferreira, et al., 2018; Silva et al., 2008; Tarant, 1989).

Para a capacidade de retenção de água (CRA) e perdas por cocção (PPC), não foram observados efeitos ( $P>0,05$ ) independente da ração ou gênero avaliado (Tabela 7). Contudo, para a força de cisalhamento (FC) efeitos foram observados para as rações oferecidas ( $P\leq 0,05$ ). Valores médios de 3,826; 4,117 e 3,387 kgf/cm<sup>2</sup> para CON, TIM e CAR, respectivamente.

#### *Atividade antioxidante e oxidação lipídica determinadas no lombo*

A atividade antioxidante avaliada pelo teste DPPH não apresentou diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos nas amostras de paleta e lombo. Entretanto é possível verificar em média melhor atividade antioxidante nas amostras de carne de cabritos suplementados (TIM e CAR) de 2,1% comparativamente ao CON nas amostras do lombo.

A capacidade antioxidante equivalente Trolox avaliada pelo teste ABTS não apresentou diferenças ( $P>0,05$ ) nas amostras de lombo, contudo, para as amostras da paleta, efeitos ( $P\leq 0,05$ ) foram observados. Diferenças foram observadas ( $P\leq 0,05$ ) no ABTS entre as rações suplementadas, foram observados valores elevados para as amostras da ração CON (31,92 mg Trolox/ mg) comparativamente as amostras com TIM (29,75 mg Trolox/ mg) ou CAR (26,148 mg Trolox/ mg).

Os compostos antioxidantes influenciaram ( $P\leq 0,05$ ) para a avaliação da oxidação lipídica (MDA) determinada no lombo e na paleta (Tabela 8). Foram observados nas amostras do lombo, com valores de 0,3530 mg MAD/ kg; 0,388 mg MAD/ kg; 0,293 mg MAD/ kg, para TIM, CON e CAR, respectivamente. Para as amostras da paleta, o tratamento TIM apresentou os maiores valores (1,09 mg MAD/ kg), seguido do CON (0,838 mg MAD/ kg) e o CAR (0,727 mg MAD/ kg). O gênero apresentou efeito ( $P\leq 0,05$ ) no lombo. Para as amostras dos animais machos os valores foram maiores (0,374 mg MAD/ kg) em relação as amostras do lombo das fêmeas (3,16 mg MAD/ kg).

## Discussão

Maiores valores foram observados no peso corporal ao abate (PCA), peso corporal vazio (PCV), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça fria (PCF) para os machos pode ser explicada pelo maior potencial de crescimento e deposição muscular na carcaça dos machos em relação às fêmeas, decorrentes de fatores genéticos e hormonais.

As diferenças observadas entre machos e fêmeas para as variáveis, PCV, PCQ e PCF estão relacionadas diretamente com o peso final dos animais, que em média, os machos apresentaram maior PCA, diferença em torno de 6,29% determinada entre os gêneros avaliados (macho x fêmea). Budiarto et al. (2021) avaliaram o desempenho de caprinos mestiços Boer machos e fêmeas, desde o desmame até um ano de idade e identificaram, maior PCA para os caprinos machos ( $31 \pm 1,73$  kg) em relação as fêmeas ( $30,25 \pm 1,71$  kg).

Semelhantes resultados foram observados por Maake et al. (2021) ao identificarem relativa diferença entre os sexos, isto é, os machos (18,4 kg) foram mais pesados que as fêmeas (15,3 kg) em média 16%. Corroborando com avaliações realizadas em caprinos da raça Saburai, Adhianto et al., (2021) observaram diferenças no peso entre machos ( $20,31 \pm 3,42$  kg) e fêmeas ( $18,32 \pm 3,32$  kg). Portanto, independente da raça ou dieta utilizada as características intrínsecas aos machos, conforme supracitados, apresentam relativa influência sobre o ganho de peso corporal.

Os valores médios observados para perdas por resfriamento (PR) foram de 1,64%, permanecendo dentro da faixa descrita na literatura, que varia de 1,67% a 6,24% (Panayotov, 2021; Van Wyk, et al., 2020; Gomes et al., 2011). Esses valores estão relacionados com a quantidade de água presente nos músculos, fator preponderante relacionado diretamente ao rendimento comercial da carcaça (RCC).

A PR é de importante avaliação, pois as perdas de umidade durante o resfriamento podem interferir na suculência da carne, onde a água presente no músculo, associada aos lipídios, se combinam constituindo o suco da carne, caracterizando a maciez da carne (Schönfeldt et al., 1993). De acordo com Silva Sobrinho & Osório (2008), as perdas de umidade da superfície muscular durante a refrigeração da carcaça, dependem linearmente da porcentagem de cobertura de gordura da carcaça, em razão da maior proteção conferida à carcaça.

Entretanto, os rendimentos verdadeiros da carcaça (RVC) ou rendimentos comercial da carcaça (RCC) são características produtivas mais importante para avaliação de animais de corte, portanto, o rendimento de carcaça, representa a quantidade de carcaça gerada pelo animal vivo após o seu abate, ou seja, o rendimento é quanto do animal, em termos relativos, é constituído de carcaça. Os RVC e RCC apresentaram valores médios de 60,57 e 46,25%, respectivamente, valores próximos aos observados por El Otmani et al. (2021), obtiveram média 64% e 41% para RVC e RCC, respectivamente, para caprinos machos utilizando torta de azeitona ou plama forrageira na dieta. Segundo, Pinheiro (2019) o RCC apresenta influência direta das quantidades de gordura interna e externa, desta forma, animais com maior grau de acabamento em geral possuem maior RCC

O índice de compacidade da carcaça (ICC) apresentou valor médio de 0,245, independente da ração, esta avaliação demonstra através da razão entre o peso da carcaça fria (kg) e o comprimento da carcaça (cm), uma medida indireta da conformação do animal. Desta forma, uma carcaça mais compacta significa maior peso por centímetro, indicando, assim, melhor qualidade, exceto em casos de excessiva cobertura de gordura na carcaça (Muniz, 2003; Barros et al., 2006; Garcia et al., 2019; Ripoll et al., 2021) possibilitando a utilização para avaliar a produção de músculo de animais com peso vivo semelhantes.

Os valores de ICC, observados entre os tratamentos e entre os sexos, apresentaram valores médios próximos aos descritos por Panayotov (2021) para cabritos machos Boer, terminados até  $28,25 \pm 1,299$  kg de peso vivo, os animais apresentaram peso da carcaça fria de 13 kg e 53,3 cm de comprimento da carcaça. Desta forma, o ICC pode ser calculado sendo de 0,243, valor próximo aos observados (0,245) demonstrando os satisfatórios resultados das carcaças dos animais do presente experimento com relação à compacidade da carcaça.

O comprimento da perna e a circunferência da garupa determinam o índice de compacidade da perna, sendo diretamente relacionado a qualidade da carne da carcaça em geral. O índice de compacidade da perna dos animais estudados foi de 0,730 kg/cm. Esses resultados são um indicador de excelente musculatura e bom preenchimento da perna, valor este, dentro da faixa descrita na literatura para cabritos que varia entre 0,28 a 1,01 kg/cm (Ribeiro et al., 2018; Garcia et al., 2019; Panayotov, 2021).

Diferenças nos rendimentos dos cortes comerciais podem ser relacionados com o dimorfismo sexual existente entre os sexos, que influenciam nas taxas de crescimento. Fatores como maturidade, idade e genótipo, também exercem pressão sobre as taxas de

desenvolvimento corporal. Cáceres & Corredor, (2021) observaram a interferência do dimorfismo sexual sobre as características qualitativas fenotípicas da raça Motilona. Essa diferença pode ser compreendida pela característica dos cabritos machos desenvolverem maior porcentagem de paleta e menor percentual de pernil, em comparação às fêmeas (Wildeus et al., 2007).

Em comparação, Panayotov et al. (2021) descreveram a paleta como corte de maior percentual da carcaça com 40,8% (2,74 kg) seguido da perna com 32,46% (2,18 kg) ao cortar carcaças de 13 kg da raça Boer. Van Wyk et al. (2020) determinaram resultados para as partes da carcaça do cabrito Boer com peso médio de 35 kg, sendo 18,5% para a perna e 13,8% para o pescoço em carcaças de 15 kg.

Diversas formas de separação da carcaça caprina em cortes primários são aplicadas, variando de 5 a 9 cortes, assim como a inclusão de diferentes partes morfológicas (Badillo et al., 2013; Van Wyk et al., 2020; Panayotov, 2021). Portanto, a falta de padrões unificados para os cortes na apresentação da carne caprina aos consumidores dificulta a comparação dos resultados entre estudos.

Nas avaliações da composição tecidual (Tabela 3) os resultados apresentaram-se diferentes aos descritos por Van Wyk et al. (2020), sendo para músculo 77,25%, osso 17,025% e gordura 5,5% para animais abatidos com 35 kg em média. Ayeb et al. (2016) observaram valores para músculo, osso e gordura de 58,89%, 23,40% e 13%, respectivamente, recebendo feno de capim ou óleo de *Stipa tenacissima* + folhas secas de oliveira, os animais iniciaram com medias de 15 kg e avaliados por 90 dias.

Observa-se que os resultados para proporção de músculo e gordura entre os machos e fêmeas foram distintos, evidenciando que as fêmeas depositaram mais gordura na carcaça que os machos com o mesmo peso de abate (Tabela 3). Assan, (2015) relatou que o sexo apresenta um efeito altamente variável na porcentagem de deposição, sendo as fêmeas mais precoces e, portanto, depositam maiores níveis de gordura na carcaça comparativamente os machos com mesmo peso e idade ao abate.

Os teores de umidade da carne dos cabritos, independente da ração ou gênero apresentaram valores médios de 70,4%, que corroboram com os descritos na literatura, faixa variando entre 71% a 77% (Xie et al., 2018; Ivanović et al., 2020; Van Wyk et al., 2020; Kawęcka et al., 2022). Os valores de lipídios totais apresentado pelas fêmeas foram em média 33% maior em comparação aos determinados para os machos, em conformidade aos descritos na literatura, variando entre 1,5% a 7,5% (Xie et al., 2018; Ivanović et al., 2020; Van Wyk et al., 2020; Kawęcka et al., 2022), todavia, estes

resultados podem sofrer influências de fatores como a idade, peso ao abate, tipo de alimentação, genótipo e sexo.

Diferenças nos teores de umidade, gordura, proteínas e cinzas na carne entre raças de caprinos foram identificadas por Ivanović et al. (2020), destaque para a raça Saanen com teores de lipídios totais superiores as demais raças avaliadas, 5,6% e 3,7% para Balcânicos e Alpinos, respectivamente. Wyk et al. (2020) observaram diferenças para as porcentagens de umidade, proteína, gordura e cinzas, entre sexos. Além disso, foram descritos efeitos raciais para as porcentagens de gordura e cinzas. Vnučec et al. (2020) analisaram as características de qualidade da carne de cordeiros indígenas e cabritos em sistema de produção extensivo, observaram que a carne dos cabritos apresentava menos gordura, mais proteína e minerais do que a carne dos cordeiros.

A carne caprina é caracterizada por apresentar menor teor de gordura em comparação com carne de cordeiro, carne bovina e vitela (Queiroz et al., 2021; Kawęcka, et al., 2022), contudo, a porcentagem de gordura pode apresentar variação em função entre os sexos, sendo os machos inteiros com menor proporção de gordura em comparação as fêmeas Wyk et al. (2020). Característica relacionada com a menor deposição de gordura subcutânea, inter e intramuscular e maior deposição de gordura visceral em comparação aos machos, uma vez que, a deposição de gordura visceral ocorre precocemente nas fêmeas (Assis et al., 2015; Guerrero et al., 2018; Ferreira et al., 2018).

O valor observado para a espessura menor de gordura (Tabela 6) apresentou efeito para os cabritos machos, possivelmente correlacionado com o maior peso ao abate destes animais, sendo abatidos com peso superior ao das fêmeas, 33 kg e 31 kg, respectivamente, fato que pode ter contribuído para maior quantidade em valores absolutos de gordura no lombo dos animais. Outro fator, que possibilita este resultado é a característica intrínseca do macho em acumular maior porcentagem de gordura de cobertura.

Contudo, as medidas determinadas no lombo dos cabritos permaneceram dentro da faixa relatadas em investigações anteriores, variando de 6,19 a 11,4 cm<sup>2</sup> para AOL (Santos, 2013; Lima Júnior et al., 2015; Oliveira, 2018) para cabritos com composição racial e peso e idade ao abate próximos ao deste estudo.

A área de olho de lombo (AOL) pode ser considerada uma medida representativa da quantidade, distribuição e qualidade das massas musculares, apresentando alta e positiva correlação da quantidade de gordura da carcaça (McManus et al., 2013; Akbas et al., 2018; Vargas Junior et al., 2021). Essa avaliação possibilita estimar a quantidade de carne comercializável.

Os valores observados para a AOL não apresentaram efeitos dos compostos utilizados na ração, entretanto estes resultados permanecem dentro dos valores médios faixa relatados na literatura (Oman et al., 2000; Dhanda et al., 2003; Cunha et al., 2004; Hashimoto et al., 2007; Zamiri et al., 2012; Gökdal, 2013). A literatura consultada descreve valores médios para AOL em torno de 11,77cm<sup>2</sup> para cabritos, (castrados ou inteiros) sendo machos ou fêmeas para Boer x Saanen com peso de abate entre 25 a 33 kg, os resultados destes estudos indicam que a área de olho de lombo aumenta à medida que aumenta o peso corporal dos animais.

O efeito do óleo essencial de orégano (*Lippia graveolens*) foi avaliado por Muñoz-Cuautle et al. (2022), sobre o desempenho produtivo, fermentação ruminal e atividade antioxidante em carne de cordeiro. Não foram observadas efeitos da dieta com óleo de orégano ( $P > 0,05$ ) na espessura de gordura e a área de olho de lombo, entretanto a atividade antioxidante na carne melhorou com a inclusão do óleo essencial de orégano. A vida de prateleira e o teor de proteína bruta aumentaram com a inclusão do óleo essencial de orégano na dieta e com o passar dos dias de armazenamento.

Diferenças na AOL não foram observadas em função do uso de compostos antioxidantes nas rações (TIM ou CAR), entretanto a espessura menor de gordura apresentou diferenças, com maiores valores observados nos lombos dos cabritos machos (1,025 mm) comparativamente as fêmeas (0,809 mm). Esses valores se explicam uma vez que, os animais machos apresentam maior deposição de gordura na parte externa da carcaça, sendo essa medida representando a camada de cobertura do lombo, ao passo que as fêmeas apresentam maior deposição nas camadas mais internas da carcaça.

Dentre os três parâmetros avaliados para determinar a cor da carne, observou-se valores mais elevados para o L\*, porém, em animais jovens é comum valores mais altos para L\* em decorrência da maior quantidade de água e menor quantidade de gordura que a musculatura destes animais apresentam (Moloney et al., 2012). Entretanto, mudanças de coloração são causadas por diversos fatores como, exposição ao oxigênio acarretando em oxidação, à luz, queima por frio, cura, defumação (Dias et al., 2008), concentração de mioglobina (Kim et al., 2014). Em geral, a cor da carne reflete a quantidade de mioglobina presente em seu estado químico, sendo responsável pelos pigmentos de vermelhidão (a\*) e amarelecimento (b\*), o valor de luminosidade (L\*) representa o estado físico da carne, ambos dependendo da estrutura das proteínas, do pH e sua velocidade de queda (Allen et al., 1997).

A suplementação com compostos antioxidantes (TIM ou CAR) não apresentou efeito sobre o pH, atividade de água ou perdas por cocção, estes parâmetros apresentam forte correlação com a cor da carne, portanto, desta forma, quanto menor as alterações no pH em decorrência das perdas de água, menor serão as perdas de mioglobina e outras proteínas heme, por serem solúveis em água, possibilita que sejam perdidas no exsudato (Shimokomaki et al., 2006).

A redução do pH observada nas amostras apresentou curva normal resultado da transformação do músculo em carne decorrentes das transformações bioquímicas e metabólicas que ocorrem durante a transformação músculo. Segundo Ordóñez (2005) valores altos de pH podem favorecer a alta retenção de água, acarretando em degradação mais acelerada do produto em decorrência da proliferação bacteriana. De acordo com Husain et al. (2000) uma variação entre 5,8 a 6,2 no pH final no músculo *Longissimus dorsi* de animais cruzados Boer, considera-se dentro da faixa normal. Uma vez que, estes animais apresentam temperamento agitado resultando em menor acúmulo de glicogênio que por sua vez acarreta em pH final elevado.

Portanto o pH final como também a curva de redução obtidos sugerem que os animais abatidos não apresentaram quadro de estresse antes do abate, resultando em pH com intervalo de 24 h adequado.

Para que a carne seja considerada macia alguns trabalhos descreveram que a força de cisalhamento (FC) deveria ser inferior a 5,5 kgf (Dhanda, Taylon e Murray, 2003; Monte et al., 2007; Destefanes et al., 2008; Leão et al., 2012). Os valores observados no músculo *Longissimus lumborum* apresentaram 3,77 kgf/cm<sup>2</sup> em média para FC, independente do tratamento, portanto, caracterizando-a como carne macia segundo o parâmetro supracitado, resultado comumente observado, pois em se tratando de animais jovens essa característica é esperada. A maciez pode ser um reflexo das diferenças no tamanho fibra muscular, uma vez que animais em crescimento, apresentam baixa quantidade de tecido conjuntivo (Arrigoni et al., 2004; Hadlich et al., 2013; Kipper, 2016).

A suplementação com compostos antioxidantes (TIM e CAR) não apresentou efeito nos ensaios de DPPH e ABTS realizados nas amostras do lombo e da paleta dos cabritos (Tabela 7). Entretanto, ao confrontar as amostras (lombo x Paleta) dentro de cada ensaio e possível verificar comportamento distinto.

A partir desta comparação podemos verificar que para o ensaio de capacidade antioxidante utilizando o radical ABTS+ as amostras de paleta apresentam maior

capacidade antioxidante (89%) em média comparativamente as amostras do lombo. Este fato pode ser explicado levando-se em consideração as características musculares, desta forma a maior demanda em ATP para a contração muscular exigida para as atividades de locomoção ou sustentação, acarretam em alta exigência de ATP, conseqüentemente maiores produções de radicais livres em decorrência da oxidação nas fibras musculares, acarretando em desequilíbrio com o sistema antioxidante. Portanto a região com maior demanda, tenderá por maior aporte de compostos antioxidantes.

Maiores quantidade de ATP foram identificadas no músculo *Triceps brachi* em comparação ao músculo *Longissimus lumborum* provavelmente em decorrência da maior exigência para contração muscular (Oliveira et al. 2004).

Os compostos antioxidantes suplementados na ração (TIM e CAR) apresentaram efeitos sobre a oxidação lipídica, reduzindo a porcentagem de compostos oxidados e produção de ERO (espécies reativas de oxigênio), evitando assim, uma oxidação na carne em decorrência do desequilíbrio entre fatores (pró)oxidativos e antioxidantes. Os ERO podem reagir com ácidos graxos insaturados na carne, resultando em alterações indesejáveis na cor, odor, sabor e valor nutritivo (Faustman et al., 2010, Wu et al., 2015; Wu et al., 2016) acarretando em deterioração da qualidade da carne fresca ou processada, interferindo na aceitabilidade do consumidor.

Desta forma, a suplementação com compostos antioxidantes na ração dos cabritos apresentaram comportamento semelhante aos resultados descritos por Garcia et al. (2019) Os autores relataram maior estado oxidativo em amostras de carne do grupo controle (5,01 mg MDA/kg de carne), comparativamente as amostras de carne dos foram suplementados com 12,5% *Acacia aroma* ou *Larrea divaricata*, na dieta, 1,88 mg MDA/kg de carne e 2,69 mg MDA/kg, respectivamente. Ranucci et al. (2019) observou que a suplementação com 3 mL de extrato de uma mistura (canela, folhas de eucalipto e sementes de endro) na dieta de cordeiros foi eficaz em reduzir a oxidação da carne destes animais, com valores mais altos registrados nas amostras dos animais com dieta controle.

## **Conclusão**

A suplementação com compostos antioxidantes na ração não apresentou efeito sobre as características quantitativas da carcaça e qualitativas da paleta e do lombo.

Os compostos antioxidantes (TIM ou CAR) foram mais efetivos em retardar os processos oxidantes, para ambos os cortes, lombo e paleta. Assim, dentre os compostos, a inclusão de 300mg carvacrol/kg MS (CAR) foi mais eficaz, com menores compostos oxidantes, sendo 24% no lombo e 33% na paleta.

A inclusão de compostos antioxidantes na ração aumentou a capacidade antioxidante e diminuiu a oxidação lipídica, apontando que o fornecimento de antioxidantes naturais via dieta é uma alternativa viável no combate a formação de compostos oxidados possibilitando maior tempo de vida útil desta carne.

## **Agradecimentos**

Agradecemos e reconhecemos os esforços de colaboração entre o Departamento de Zootecnia, o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá e a GRASP. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Finanças 001, pelo apoio financeiro (bolsa de pesquisa)”, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Cadeia Produtiva do Leite (INCT-LEITE/UEL/UEM-PR), Londrina/Maringá, Paraná, Brasil (CNPq – INCT-Leite, bolsa nº 465725/2014-7), Brasília, DF, Brasil, Fundação Araucária, Curitiba, Paraná, CNPq – “Produtividade em Pesquisa/2021/24 - CNPq/GRANTS - Proc. 306.964/2021-0”.

## **Referências**

Adhianto, K., Hamdani, M.D.I., Ingsasu, I.M.T. 2021. Quantitative characteristics of weaned Saburai goats. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. 012012.

Akbaş A.A., Sar, M., Elmaz, O., Saatci, M. 2018. Comparison of two methods using measurement of the surface area of M. Longissimus dorsi (MLD) Lalahan Hay. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 58(2), 77-80.

AOAC., 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.

Arrigoni, M.D.B., Alves Júnior, A., Dias, P.M.A., Martins, C.L., Cervieri, R.D.C., Silveira, A.C., Chardulo, L.A.L. 2004. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 1033-1039.

Assan N. 2015. Some factors influencing dressing percentage in goat meat production. *Scientific Journal of Review*, 4(10), 156-164.

Assan, N. 2020. Sex, age of animal and weight at slaughter as explanatory variables for carcass and meat quality properties in goats and sheep production. *Scientific Journal of Review*, 9(3) 634-643.

Assis, A.P.P.D., Leite, H.M.D.S., Miranda, M.V.F.G.D., Lopes, K.T.D.L., Pereira, M. I. B., Moura, A.K.B.D., Lima, P.D.O. 2015. Parâmetros físicos e químicos da carne de cabritos alimentados com diferentes dietas líquidas até os 60 dias. *Acta Veterinaria Brasilica*, 9(4): 327-334, 2015.

Ayeb, N., Ghrab, A., Barmat, A., Khorchani, T. 2016. Chemical and tissue composition of meat from carcass cuts of local goats affected by different feeding in Tunisian arid lands. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(1), 95-101.

Badillo, M.R.J., Varela, D.B., De la Peña, J.A.P., Rodríguez, R.H.A., Simental, S.S., Cardona, M.G.T. 2013. Evaluación de la Calidad en la Canal Caprina. In: *Libro Técnico*, No.4 Ajuchitlán, Colón, Querétaro, (ed), ISBN: 978-607-37-00276.

Barros, N., Sousa, F.B., Villela, L., Dias, R. 2006. Características de carcaça e rendimento de cortes de carcaça de cordeiros terminados em pastagem cultivada.

Behrends, S.M., Miller, R.K., Rouquette Jr, F.M., Randel, R.D., Warrington, B.G., Forbes, T.D.A., Holloway, J.W. 2009. Relationship of temperament, growth, carcass characteristics and tenderness in beef steers. *Meat science*, 81(3), 433-438.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.

Brasil., 2000. Instrução Normativa N° 03, de 17 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue.

- Budiarto, A., Susanto, A., Ciptadi, G., Putri, A.R.I., Sunaryo, M.A. 2021. Quantitative and Qualitative Characteristics of Boer x Local Goats Crossbred. *Animal Production*, 23,(2), 77-83.
- Cáceres, W. H., e Corredor, L.H. 2022. Caracterización morfológica de la cabra Motilona de Norte de Santander, *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), 19.
- Cezar, M.F., Sousa, W.H., 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Uberaba: Agropecuária Tropical, 147
- Cunha, E.A.; Bueno, M.S.; Rodrigues, C.F.C. 2004. Desempenho E Características De Carcaça De Caprinos Saanen E Mestiços Boer X Saanen Abatidos Com Diferentes Pesos. *Boletim De Indústria Animal*, N. Odessa, 61(1), 63-73.
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M.T., Dal Molin, E. 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner– Bratzler shear force. *Meat science*, 78(3), 153-156.
- Dhanda, J. S.; Taylor, D. G.; Murray, M. J. 2003. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and live weight at slaughter. *Small Ruminant Research*, 50(1-2)57-66.
- Dhanda, J.S.; Taylor, D.G.; Murray, P.J. Part 1. 2003. Growth, Carcass And Meat Quality Parameters Of Male Goats:Effects Of Genotype And Liveweight At Slaughter. *Small Ruminant Research*, 50, 57-66.
- Dias, A.M.A., Batista, A.M.V., Maia, M.M.D., Carvalho, F.F.R., Guim, A. Silva, G. 2008. Composição tecidual, química e de ácidos graxos presentes em pernas de caprinos alimentados com dieta rica em farelo grosso de trigo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3:79-84.
- El Otmani, S., Chebli, Y., Hornick, J. L., Cabaraux, J. F., Chentouf, M. 2021. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of male goat kids supplemented by alternative feed resources: Olive cake and cactus cladodes. *Animal Feed Science and Technology*, 272:114746.
- Erel, O., 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37, 277– 285.

- Farghaly, M. M., Youssef, I. M., Radwan, M. A., Hamdon, H. A. 2022. Effect of feeding *Sesbania sesban* and reed grass on growth performance, blood parameters, and meat quality of growing lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), 1-13.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., Suman, S.P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*. 86(1), 86–94.
- Ferreira, J.M, Gois, C.G. Pessoa, R.M.S., Silva, A.A.F., Lima, C.A.B., Campos, F.S., Vicente, S.L.A., Matias, A.G.S., Nogueira, G.H .M.S.M.F., Santos, R. N. 2018. Características de carcaça e qualidade da carne de caprinos de diferentes genótipos. *PUBVET*, 12(6), Art. 111: 1-12.
- García, E. M., López, A., Zimerman, M., Hernández, O., Arroquy, J. I., Nazareno, M. A. 2019. Enhanced oxidative stability of meat by including tannin-rich leaves of woody plants in goat diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(9), 1439.
- Garcia, E.M., López, A., Zimerman, M., Hernández, O., Arroquy, J.I., Nazareno, M.A. 2019. Enhanced oxidative stability of meat by including tannin-rich leaves of woody plants in goat diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(9), 1439.
- Gois, G.C., Pessoa, R.M.S., Santos, R.N., Cunha, D.S., Araújo, C. A., Macedo, A. 2019. Características de carcaça e componentes não-carcaça de ovinos: uma revisão. *Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia UNIPAR*, 22(4), 139-146.
- Gökdal, Ö. Growth, Slaughter And Carcass Characteristics Of Alpine × Hair Goat, Saanen ×Hair Goat And Hair Goat Male Kids Fed With Concentrate In Addition To Grazing On Rangeland. *Small Ruminant Research*, V.109, P. 69– 75, 2013
- Gomes, H.F.B., Menezes, J.J.L.D., Gonçalves, H.C., Cañizares, G.I.L., Medeiros, B.B. L.D., Polizel Neto, A., Chávares, A.C.T. 2011. Características de carcaça de caprinos de cinco grupos raciais criados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(2): 411-417.
- Guerrero, A., Campo, M. D. M., Olleta, J. L., Sañudo, C. 2018. Carcass and meat quality in goat. *Goat science*, 12:267-286.
- Hadlich, J.C., Curi, R.A., Silva, M.G.B.D., Factori, M.A., Silveira, A.C., Chardulo, L.A.L. 2013. Maciez da carne bovina e sua relação com o crescimento e os tipos de fibra musculares. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 421-430.

Hashimoto, J. H., Osório, J. D. S., Osório, M. T. M., Bonacina, M. S., Lehmen, R. I., & Pedroso, C. D. S. 2012. Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(2), 438-448, 2012.

Hashimoto, J.H.; Alcade, C.R.; Silva, K.T. 2007. Características De Carcaça E Da Carne De Caprinos Bôer X Saanen Confinados Recebendo Rações Com Casca Do Grão De Soja Em Substituição Ao Milho. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 36(1), 165-173.

Hunt, M.C., Acton, J., Benedict, R., Calkins, C., Cornforth, D., Jeremiah L., Olsen, D., Salm C., Savell, J., Shivas, S. 1991. Guidelines for meat color evaluation (pp.1-17). American Meat Science Association, Kansas State University: Manhattan, KS.

Husain, M.H., Murray, P.J., Taylor, D.G., 2000. Meat quality of first and second cross capretto goat carcasses. *Asian-Australian Journal Animal Science*, 13 (suppl B), 174-177.

Ivanović, S., Pavlović, M., Pavlović, I., Tasić, A., Janjić, J., Baltić, M. Ž. 2020. Influence of breed on selected quality parameters of fresh goat meat. *Archives Animal Breeding*, 63(2), 219-229.

Jauregui, C.A., Regenstein, J.M., Baker, R.C., 1981. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *Journal of Food Scienc.* 46 1271–1271.

Kawęcka, A., Sikora, J., Gąsior, R., Puchała, M., Wojtycza, K. 2022. Comparison of carcass and meat quality traits of the native Polish Heath lambs and the Carpathian kids. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 109-117.

Kim, Y.H.B., Warner, R.D., e Rosenvold, K. 2014. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. *Animal Production Science*, 54(4), 375-395.

Kipper, D. K. Modulação das fibras musculares esqueléticas em função da massa corporal, do regime alimentar e sua relação com a qualidade da carne de ovinos. 2016, 83f. Dissertação (Mestrado) - curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Santa maria, Santa Maria.

Leão, A.G., Silva Sobrinho, A.G.D., Moreno, G.M.B., Souza, H.B.A.D., Giampietro, A., Rossi, R.C., Perez, H.L. 2012. Características físico-químicas e sensoriais da carne de

cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1253-1262.

Lima Júnior, D.M., De Carvalho, F.F.R., Ferreira, B.F., Batista, Â.M.V., Ribeiro, M.N., Monteiro, P.D.B.S. 2015. Feno de maniçoba na alimentação de caprinos Moxotó. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(1), 2211-2221.

Maake, T. W., Adeleke, M., Aiyegoro, O. A. 2021. Olayinka Ayobami. Effect of lactic acid bacteria administered as feed supplement on the weight gain and ruminal pH in two South African goat breeds. *Transactions of the Royal Society of South Africa*. 76(1), 35-40.

McGrath, J., Duval, S. M., Tamassia, L. F., Kindermann, M., Stemmler, R. T., de Gouvea, V. N., Celi, P. 2018. Nutritional strategies in ruminants: A lifetime approach. *Research in veterinary science*, 116, 28-39.

McManus C., Paim T.P., Louvandini H., Dallago B.S.L., Dias L.T., Teixeira R.A. 2013. Avaliação ultrasonográfica da qualidade de carcaça de ovinos Santa Inês. *Ciência Animal Brasileira* 14(1):8–16.

Moloney, A.P., Kennedy, C., Noci, F., Monahan, F.J. e Kerry, J.P. 2012. Lipid and colour stability of *M. longissimus* muscle from lambs fed camelina or linseed as oil or seeds. *Meat Science*, 92, 1-7.

Monte, A.L.D.S., Selaive-Villarroel, A.B., Garruti, D.D.S., Zapata, J.F.F., Borges, Â.S. 2007. Parâmetros físicos e sensoriais de qualidade da carne de cabritos mestiços de diferentes grupos genéticos. *Food Science and Technology*, 27, 233-238.

Muniz, E.N. 2003. Adição de metionina protegida da degradabilidade ruminal em rações para cordeiros alimentados com dois níveis de proteína não degradada no rúmen. 69f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal.

National Research Council - NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academy Press. Washington, DC, USA.

Oliveira, G.S. 2018. Características de carcaças de caprinos alimentados com dietas contendo farinha amilácea do babaçu. 31f (Monografia não publicada), Universidade Federal do Maranhão – Chapadinha -MA.

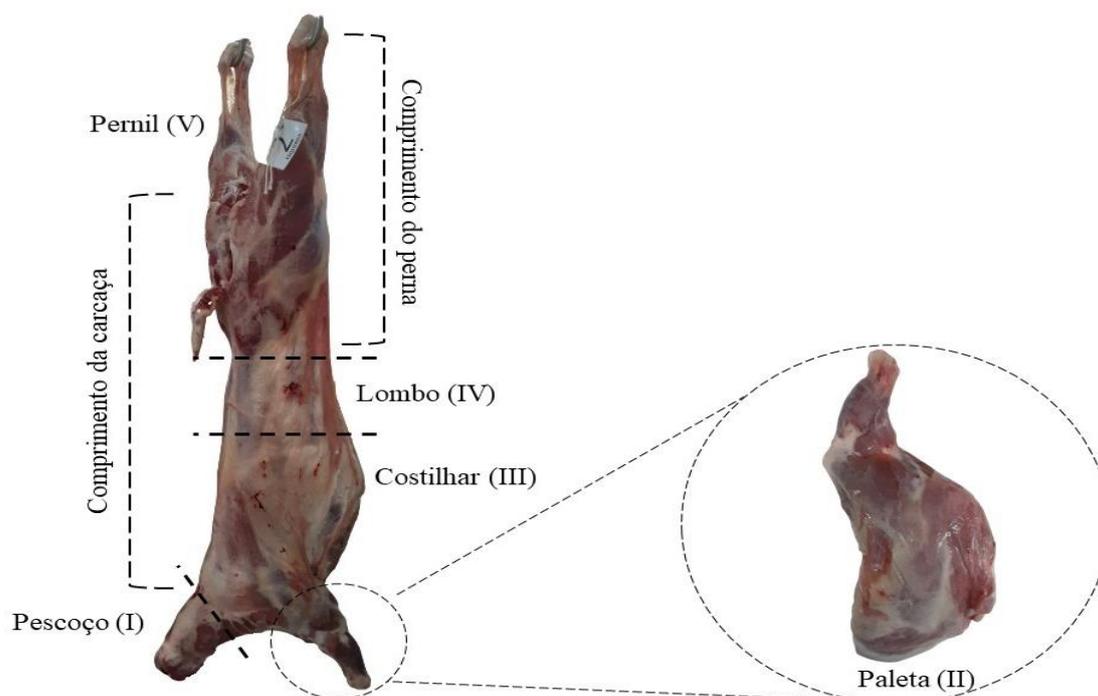
- Oliveira, I., da Silva, T.J.P., Freitas, M.Q., Tortelly, R., Oliveira Paulino, F. 2004. Caracterização do processo de rigor mortis em músculos de cordeiros e carneiros da raça Santa Inês e maciez da carne. *Acta Scientiae Veterinariae*, 32(1), 25-31.
- Oman, J.S.; Waldron, D.F.; Griffin, O.B. 2000. Carcass Traits And Retail Display-Life Of Chops From Different Goat Breed Types. *Journal Of Animal Science*, 78, 1262-1266.
- Ordóñez, A. O. 2005. *Tecnologia de alimentos*.12(2). Artmed. São Paulo.
- Osório, J.C.S. 1988. Métodos para avaliação da produção da carne ovina: in vivo, na carcaça e na carne. Editora Universitária. Pelotas, RS.
- Panayotov, D. 2021. Study on carcass characteristics in Boer goat kids. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(6), 1212–1220
- Pinheiro, T.G. 2019. Meta análise de características de carcaça e qualidade de carne de bovinos abatidos com diferentes acabamentos. 77p., Il. Dissertação (mestrado) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa.
- Queiroz, V.F., Oliveira, A.T.C., Almeida, A.P.F., Moura, K.P.A., Miranda, K.W.E., Mendes, L.G., Sousa Monte, A.L. 2021. Carne caprina e sua utilização na elaboração de produtos cárneos: Uma revisão. *Research, Society and Development*, 10(9), e4810917648-e4810917648.
- Ranucci, D., Branciarri, R., Cobellis, G., Acuti, G., Miraglia, D., Olivieri, O., Trabalza-Marinucci, M. 2019. Dietary essential oil mix improves oxidative stability and hygienic characteristic of lamb meat. *Small Ruminant Research*, 175, 104-109.
- Ribeiro, M.J.B., Pinto, L.F B., Barbosa, A.C.B., Santos, G.R.D.A., Pinto, A.P.G., Nascimento, C.S.D., Barbosa, L.T. 2018. Principal components for the in vivo and carcass conformations of Anglo-Nubian crossbred goats. *Ciência Rural*, 48.
- Ripoll, G., Albertí, P., Casasús, I., Blanco, M. 2013. Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science*, 93, 336-343.
- Ripoll, G., Alcalde, M.J., Argüello, A., Córdoba, M.G., Panea, B. 2021. Influence of the Use of Milk Replacers on Carcass Characteristics of Suckling Kids from Eight Spanish Goat Breeds. *Animals*, 11(11), 3300.

- Santos, A.C.P., Silva, B.C.D., Oliveira, V.D.S., Valença, R. D. L. 2018. Métodos de avaliação de carcaça e de carne dos animais através de predições in vivo e post mortem-revisão de literatura. *Revista Científica de Medicina Veterinária - Ano X - Número 30*
- Santos, A.P.D., Brondani, I.L., Restle, J.B., Menezes, L.F.G.D., Oliveira, L.D., Silveira, S.R.L.D. 2008. Características quantitativas da carcaça de novilhos jovens e superjovens com peso de abate similares. *Ciência Animal Brasileira*, 9(2), 300-308.
- Santos, S.M.A. 2013. Utilização de gordura protegida na alimentação de cabritos Boer + Saanen. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá.
- Sañudo, C. e Sierra, I. 1986. Calidad de la canal em la espécie ovina. *Ovino*, 11:127- 157.
- Schönfeldt, H.C., Naude, R.T., Bok, W., Van Heerden, S.M., Sowden, L., Boshoff, E. 1993. Cooking and juiciness related quality characteristics of goat and sheep meat. *Meat Science*, 34:381 – 394.
- Shimokomaki, M., Olivo, R., Terra, N.N., Franco, B.D.G.M. 2006. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. São Paulo: Varela, 18-21.
- Silva Sobrinho, A.G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: A produção animal na visão dos brasileiros. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.425-446, 2001.
- TACO - Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP - 4. ed. - Campinas: NEPAUNICAMP, 2011. 161 p. Nepa – Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação.
- USDA. Nutrient Database for Standard Reference legacy Release, ref: 17168. Nutrient Data Laboratory. Disponível em: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/> Acesso: agosto de 2022.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.
- Van Wyk, G.L., Hoffman, L.C., Strydom, P.E., Frylinck, L. 2020. Effect of breed types and castration on carcass characteristics of Boer and large frame indigenous Veld goats of Southern Africa. *Animals*. 10(10),1884.

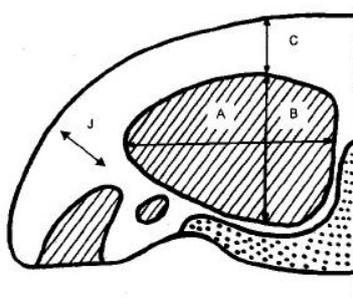
- Vargas Junior, F.M., Fernandes, T., Matos, A.T., Fernandes, A.R.M., Alves, L.G.C., Rossatti, J.A., Zagonel, N.G.T. 2021. Evaluator effect on the ultrasound measurement of subcutaneous fat deposition and loin eye area from weaning to slaughter lambs, *Veterinary World*, 14 (1): 259-264.
- Vital, A.C.P., Guerrero, A., Monteschio, J.D.O., Valero, M.V., Carvalho, C.B., Abreu Filho, B.A. 2016. Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. *PLoS ONE*, 11(8).
- Vnučec, I., Prpić, Z., Antunović, Z., Mioč, B. 2020. Meat quality traits of indigenous lambs and goat kids from extensive production system. *Animal Science Papers e Reports*. 38(2):155–165.
- Vyncke, W., 1970. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 72, 1084-1087.
- Wende Li; Fang Shan; Shancheng Sun; Harold Corke; Trust Betaj. 2005. Free Radical Scavenging Properties and Phenolic. *Agric. Food Chem.* 53, 8533-8536.
- Wheeler, T.L., Schackelford, S.D., Koohmarie, M., 2007. Beef longissimus slice shear force measurement among steak locations and institutions. *Journal of Animal Science*. 85, 2283-2289. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-736>.
- Wildeus, S., Luginbuhl, J.M., Turner, K.E., Nutall, Y.L., Collins, J. R. (2007). Growth and carcass characteristics in goat kids fed grass and alfalfa-hay – based diets with limited concentrate supplementation. *Sheep e Goat Research Journal.*, 22, 15 –19.
- Wu, H., Yan, W., Zhuang, H., Huang, M., Zhao, J., Zhang, J. 2016. Oxidative stability and antioxidant enzyme activities of dry-cured bacons as affected by the partial substitution of NaCl with KCl. *Food Chemistry*, 201:237–242.
- Wu, H., Zhuang, H., Zhang, Y., Tang, J., Yu, X., Long, M., Zhang, J. 2015. Influence of partial replacement of NaCl with KCl on profiles of volatile compounds in dry-cured bacon during processing. *Food Chemistry*, 172:391–399.
- Xie, B., Wang, P.J., Yan, Z.W., Ren, Y.S., Dong, K.H., Song, Z.P., Zhang, C.X. 2018. Growth performance, nutrient digestibility, carcass traits, body composition, and meat

quality of goat fed Chinese jujube (*Ziziphus Jujuba Mill*) fruit as a replacement for maize in diet. *Animal Feed Science and Technology*, 246, 127-136.

Zamiri, M.J.; Eilami, B.; Kianzad, M.R. 2012. Effects Of Castration And Fattening Period On Growth Performance And Carcass Characteristics In Iranian Goats. *Small Ruminant Research*, 104, 55– 61.



**Figura 1** - Esquema de divisão da meia carcaça esquerda de caprinos, em 5 regiões anatômicas: I (pescoço), II (paleta), III (costilhar), IV (lombo), V (pernil) e medidas da carcaça (comprimento da carcaça e comprimento do pernil). Fonte: Colomer-Rocher (1987).



**Figura 2** - Medidas realizadas no músculo Longissimus lumborum: medida A (comprimento maior), medida B (comprimento menor), medida C (espessura menor de gordura) e medida J (espessura maior de gordura).

**Tabela 1.** Composição em matéria seca (g/kg) e química das rações (g/kg MS).

Item	Rações <sup>1</sup>		
	CON	TIM	CAR
Silagem de milho	300,00	300,00	300,00
Milho moído	368,75	368,45	368,45
Farelo de soja	161,25	161,25	161,25
Farelo de Trigo	150,00	150,00	150,00
Timol, (g/kg MS)		0,300	
Carvacrol, (g/kg MS)			0,300
Suplemento mineral <sup>2</sup>	20,00	20,00	20,00
Matéria seca <sup>3</sup>	681,81	681,55	681,55
Matéria orgânica	950,0	949,71	949,71
Matéria mineral	31,59	31,58	31,58
Proteína bruta	154,45	154,43	154,43
Extrato etéreo	28,09	28,08	28,08
Fibra em detergente neutro	312,44	312,40	312,40
Carboidratos não fibrosos	453,43	453,22	453,22
Carboidratos totais	709,10	765,61	765,61
Fibra em detergente neutro indigestível	109,94	109,93	109,93

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>Composição do suplemento mineral: ácido linoleico 3.300 mg, cálcio 130/140 g, cobalto 90 mg, cobre 150 mg, colina 910 mg, cromo 1.083 mg, enxofre 5.000 mg, fósforo 60 g, flúor 600 mg, iodo 180 mg, lisina 373 mg, magnésio 5.000 mg, manganês 400 mg, metionina 172 mg, selênio 13 mg, sódio 136 g, tirosina 106 mg, zinco 3.000 mg; <sup>3</sup>g/kg de matéria natural.

**Tabela 3.** Características quantitativas da carcaça de cabritos ½Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros	Rações <sup>1</sup>			DMS <sup>2</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>3</sup>	CV (%) <sup>4</sup>
	CON	TIM	CAR		Macho	Fêmea			
Peso corporal ao abate, kg	31,86b	33,06a	31,29b	0,88	32,47a	31,67b	0,40	0,836	4,22
Peso corporal vazio, kg	24,99	25,32	24,28	1,645	25,80a	23,93b	1,110	0,659	5,922
Peso de carcaça quente, kg	15,07	15,48	14,62	1,017	15,44a	14,67b	0,686	0,407	6,047
Peso de carcaça fria, kg	14,77	15,24	14,36	0,984	15,14a	14,43b	0,664	0,394	5,956
Perda por resfriamento, %	1,60	1,62	1,717	0,313	1,67	1,62	0,211	0,125	16,995
Rendimento verdadeiro, %	60,39	61,16	60,20	2,161	59,87	61,30	1,458	0,865	4,032
Rendimento comercial da carcaça, %	46,26	46,78	45,71	2,098	45,90	46,60	1,416	0,840	4,061
Índice de compactidade da carcaça, kg/cm	0,24	0,24	0,24	0,018	0,25	0,24	0,012	0,007	6,462
Índice de compactidade da perna, kg/cm	0,72	0,75	0,71	0,051	0,71	0,74	0,034	0,020	6,189

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>4</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>a,b</sup> Diferentes sobrescritos nas linhas significam diferença significativa (p < 0,05).

**Tabela 3.** Rendimento médio e proporção dos cortes comerciais de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros	Rações <sup>1</sup>			DMS <sup>2</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>3</sup>	CV (%) <sup>4</sup>
	COM	TIM	CAR		Macho	Fêmea			
<b>Peso em kg dos cortes da meia-carça</b>									
Pescoço	0,733a	0,727a	0,582b	0,119	0,744a	0,617b	0,080	0,048	15,664
Paleta	1,413	1,460	1,413	0,101	1,4516	1,405	0,068	0,040	6,330
Costilhar	2,145	2,087	1,984	0,231	2,15a	1,994b	0,156	0,093	9,998
Perna	2,197	2,206	2,123	0,170	2,198	2,152	0,115	0,068	7,031
Lombo	1,101	1,080	0,954	0,156	1,0710	1,019	0,105	0,063	13,416
<b>Porcentagem dos cortes em relação a meia carça</b>									
Pescoço	9,686a	9,475ab	8,154 b	1,4776	9,720a	8,490b	0,9971	0,592	14,530
Paleta	18,658	19,144	19,845	1,274	19,028	19,403	0,8597	0,510	5,937
Costilhar	28,172	27,356	27,792	1,8588	28,162	27,385	1,2543	0,744	5,993
Perna	29,072	28,860	29,787	1,5464	28,781	29,699	1,0435	0,619	4,735
Lombo	14,483	14,136	13,402	1,8246	14,009	14,005	1,2312	0,731	11,663

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>4</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>a,b</sup>Diferentes nas linhas significam diferença significativa.

**Tabela 4.** Composição tecidual e química da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros	Rações <sup>1</sup>			DMS <sup>2</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>3</sup>	CV (%) <sup>4</sup>
	CON	TIM	CAR		Macho	Fêmea			
Musculo (%)	65,856	66,464	64,998	1,961	66,756a	64,789b	1,323	0,786	2,671
Osso (%)	19,985	19,1447	20,563	1,617	20,763a	19,032b	1,091	0,648	7,278
Gordura (%)	14,158	14,391	14,438	2,758	12,480b	16,177a	1,861	1,104	17,235
Músculo: Osso	3,300ab	3,485a	3,1951b	0,265	3,233 b	3,420a	0,179	0,106	7,138
Umidade (%)	71,558	70,658	70,757	1,787	71,370	70,611	1,206	0,716	2,255
Cinzas (%)	1,184	1,221	1,246	0,091	1,228	1,207	0,061	0,036	6,697
Proteína (%)	20,523	20,769	20,528	0,979	20,576	20,637	0,661	0,392	4,258
Lipídios Totais (%)	2,675	3,118	3,490	1,211	2,482b	3,707a	0,817	0,485	35,043

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>4</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>a,b</sup>Diferentes nas linhas significam diferença significativa.

**Tabela 5.** Composição tecidual e química do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros	Rações <sup>1</sup>			DMS <sup>2</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>3</sup>	CV (%) <sup>4</sup>
	CON	TIM	CAR		Macho	Fêmea			
Musculo (%)	64,607	67,552	68,003	5,742	67,400	66,042	3,875	2,299	7,706
Osso (%)	15,824a	11,771b	10,747b	3,516	14,276a	11,286b	2,372	1,408	24,628
Gordura (%)	19,831	22,260	24,262	7,649	21,874	22,362	5,161	3,063	30,964
Músculo: Osso	4,535b	5,838ab	8,317a	3,660	5,572	6,883	2,470	1,466	52,603
Umidade (%)	75,231	74,528	74,853	1,0344	75,417a	74,325b	0,698	0,414	1,237
Cinzas (%)	1,044	1,096	1,0718	0,0957	1,068	1,074	0,0646	0,038	7,997
Proteína (%)	19,978	20,462	20,203	0,7646	20,309	20,119	0,516	0,306	3,387
Lipídios Totais (%)	2,650	2,875	2,858	0,8847	2,225b	3,363a	0,597	0,354	28,348

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>2</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>4</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>a,b</sup>Diferentes nas linhas significam diferença significativa.

**Tabela 6.** Medidas do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros <sup>1</sup>	Rações <sup>2</sup>			DMS <sup>3</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>4</sup>	CV (%) <sup>5</sup>
	COM	TIM	CAR		Macho	Fêmea			
AOL, cm <sup>2</sup>	12,633	12,875	12,157	2,810	12,271	12,839	1,896	1,125	20,039
Comprimento maior, mm	57,402	55,968	54,171	6,995	56,202	55,491	4,720	2,801	11,215
Comprimento menor, mm	27,879	29,098	28,470	3,797	27,565	29,399	2,563	1,521	11,938
Espessura menor de gordura, mm	0,874	0,949	0,928	0,106	1,025a	0,809b	0,072	0,042	10,338
Espessura maior de gordura, mm	1,209	1,3218	1,3159	0,177	1,280	1,284	0,120	0,071	12,362

<sup>1</sup>AOL = área de olho de lombo, cm<sup>2</sup>; <sup>2</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>3</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>5</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>a,b</sup> Diferentes letras nas linhas significam diferença significativa

**Tabela 7.** Médias das coordenadas de cor, pH e variáveis de textura do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros <sup>1</sup>	Rações <sup>2</sup>			DMS <sup>3</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>4</sup>	CV (%) <sup>5</sup>	<i>p</i> -valor <sup>6</sup>		
	COM	TIM	CAR		Macho	Fêmea				R	G	R x G
<i>Coordenadas de cor, CIELAB</i>												
L*	43,27	41,83	42,88	1,72	42,36	42,95	1,17	0,72	7,20	2,100	1,000	0,370
a*	10,83	10,79	10,38	0,87	10,60	10,73	0,59	0,36	14,59	0,403	0,665	<.0001**
b*	13,43	13,04	13,44	0,98	13,12	13,44	0,66	0,41	13,11	0,536	0,293	<.0001**
Chroma*	17,30	16,99	17,04	1,09	16,95	17,27	0,74	0,45	11,33	0,756	0,396	<.0001**
<i>pH</i>												
pH45'	6,43	6,41	6,30	0,30	6,39	6,37	0,20	0,12	4,30	0,534	0,854	0,849
pH24h	5,74	5,55	5,52	0,28	5,73 <sup>a</sup>	5,47 <sup>b</sup>	0,19	0,11	4,57	0,144	0,0089*	0,341
<i>Textura</i>												
CRA (%)	59,71	61,86	62,69	4,89	61,37	61,48	3,26	1,83	5,17	0,282	943	0,141
PPC (%)	25,79	25,47	23,56	4,34	25,46	24,42	2,89	1,62	11,31	0,361	0,449	0,155
FC (kgf/cm <sup>2</sup> )	3,82ab	4,11a	3,38b	0,49	3,94	3,613	0,33	0,20	27,18	0,0028*	0,0578	0,0004*

<sup>1</sup>L\* = Luminosidade; a\* = Vermelhidão; b\* = Amarelamento; C\* = Chroma; CRA = capacidade de retenção de água; PPC = perda de peso na cocção; FC = força de cisalhamento; <sup>2</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>3</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>5</sup>CV (%) = Coeficiente de variação; <sup>6</sup>R = Ração (COM, TIM ou CAR); G = gênero (macho ou fêmea); <sup>a,b</sup> Diferentes letras nas linhas significam diferença significativa (\**P* < 0,05, \*\* *P* < 0,01 e \*\*\* *P* < 0,001)

**Tabela 8.** Atividade sequestradora de radicais e oxidação lipídica da paleta e do lombo de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Amostra	Parâmetros <sup>1</sup>	Rações <sup>2</sup>			DMS <sup>3</sup>	Gênero		DMS	EPM <sup>4</sup>	CV <sup>5</sup> (%)
		CON	TIM	CAR		Macho	Fêmea			
Lombo	DPPH·	846,54	832,73	822,45	58,37	844,45	823,37	39,39	23,37	6,26
	ABTS+	259,25	258,85	260,09	4,49	259,96	258,83	3,03	1,79	1,55
	TBARS	0,35ab	0,38a	0,29b	0,07	0,37a	0,316b	0,04	0,02	18,61
Paleta	DPPH·	796,94	793,05	790,26	28,47	796,99	789,85	19,21	11,40	3,21
	ABTS+	31,92a	29,75a	26,14b	3,12	30,21	28,33	2,10	1,25	9,55
	TBARS	0,83ab	1,09a	0,72b	0,34	0,85	0,919	0,23	0,13	34,98

<sup>1</sup>TBARS = (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) valores em mg MDA/ kg; DPPH· (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) = valores em IC50 mg/mg; ABTS+ [2,2'-azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] = valores em mg TROLOX/ mg; <sup>2</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes; TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS; CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS; <sup>3</sup>DMS = diferença mínima significativa; <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>5</sup>CV (%) = coeficiente de variação; <sup>a,b</sup> Diferentes letras nas linhas significam diferença.

## VI. HAMBÚRGUER DA CARNE DA PALETA DE CABRITOS ½ BOER-SAANEN SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS ANTIOXIDANTES NA DIETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Artigo redigido seguindo as normas da revista *Meat Science* (ISSN: 0309-1740)

**Resumo:** Objetivou-se, neste estudo, avaliar a atividade antioxidante e o processo de oxidação do hambúrguer da carne de cabritos recebendo compostos antioxidantes na dieta. Foram utilizadas 30 paletas de cabritos ½ Boer-Saanen que foram abatidos ao atingirem em média  $32 \pm 2,015$  kg. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3x5: três tratamentos (sem inclusão de compostos antioxidantes, COM; com inclusão de 300 mg timol/kg MS, TIM e de 300 mg carvacrol/kg MS, CAR) e cinco períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias, - 18°C). Os tratamentos não influenciaram ( $P \geq 0,05$ ) à composição química dos hambúrgueres. Na avaliação de cor (CIELAB), a coordenada L\* apresentou efeito significativo para tratamento e armazenamento. Para as coordenadas a\*, b\* e chroma os efeitos ( $P < 0,0001$ ) foram observados apenas para a avaliação realizada durante o período de armazenamento. Diferenças ( $P < 0,05$ ) foram observadas para os tratamentos e período de armazenamento para o pH, no entanto, para a atividade de água (AW) não foram identificadas diferenças ( $P \geq 0,05$ ). Os tratamentos foram significativos ( $P < 0,0001$ ) na avaliação da oxidação lipídica, encontrando-se menores valores (1,418 mg MDA/kg) no que diz respeito ao tratamento CAR. Entretanto, na oxidação proteica o tratamento TIM apresentou os menores valores (0,567 nmol carbonila /mg de proteína) sendo diferente ( $P < 0,0001$ ) dos demais tratamentos avaliados. Na determinação da atividade antioxidante, dentre os tratamentos avaliados, o ensaio DPPH revelou diferença significativa ( $P < 0,0001$ ), com os maiores valores observados no tratamento CON. Entretanto, não foram observados efeitos ( $P \geq 0,05$ ) dos tratamentos no ensaio ABTS+. O período de armazenamento foi significativo ( $P < 0,0001$ ) para a oxidação lipídica, oxidação proteica e para o ensaio de DPPH. Os compostos antioxidantes (TIM ou CAR) apresentaram efeitos para as proporções totais de ácidos graxos saturados (SFA) ( $P < 0,0002$ ), ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) ( $P < 0,0016$ ), ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) ( $P < 0,036$ ), proporção de mono-insaturados e saturados (MUFA:SFA) ( $P < 0,0002$ ), proporção de mono-insaturados e poli-insaturados (MUFA:PUFA) ( $P < 0,0122$ ),  $\omega$ 3 ( $n3$ ) ( $P < 0,0135$ )  $\omega$ 6 ( $n6$ ) ( $P < 0,0424$ ) e a proporção de  $\omega$ 6 e  $\omega$ 3 ( $n6:n3$ ) ( $P < 0,0096$ ). O armazenamento (0 e 120 dias) mostrou efeitos sobre a porcentagem total

de MUFA ( $P < 0,0081$ ), PUFA ( $P < 0,0004$ ), PUFA/ SFA ( $P < 0,0046$ ), MUFA/PUFA ( $P < 0,0011$ ), n3 ( $P < 0,0005$ ) e para a razão n3:n6 ( $P < 0,0036$ ). Na análise sensorial dos hambúrgueres não foram observados efeitos dos compostos antioxidantes ( $P > 0,05$ ). Os parâmetros avaliados apresentaram média de 6,78 independente dos tratamentos. Desta forma, a suplementação de compostos antioxidantes na dieta resultou em maior estabilidade da cor e redução do processo de oxidação dos hambúrgueres.

**Palavras-chave:** Antioxidante, Caprinos, Carne, Oxidação, *Origanum Vulgare*, *Tymus Vulgare*

### **½ BOER-SAANEN GOAT SHOULDER HAMBURGER SUPPLEMENTED WITH ANTIOXIDANT COMPOUNDS IN THE DIET<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Article Written following the rules of the journal revista *Meat Science* (ISSN: 0309-1740)

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the antioxidant activity and the oxidation process of young goat meat hamburgers receiving antioxidant compounds in the diet. Thirty shoulders of ½ Boer-Saanen young goats were used, which were slaughtered when they reached an average of  $32 \pm 2.015$  kg. A completely randomized design was used in a 3x5 factorial arrangement: three treatments (without inclusion of antioxidant compounds, COM; with inclusion of 300 mg thymol/kg DM, TIM and 300 mg carvacrol/kg DM, CAR) and five storage periods (0, 30, 60, 90 and 120 days,  $-18^{\circ}\text{C}$ ). The treatments did not influence ( $P \geq 0.05$ ) the chemical composition of the hamburgers. the  $L^*$  coordinate showed a significant effect for treatment and storage. For the coordinates  $a^*$ ,  $b^*$  and chroma the effects ( $P < .0001$ ) were observed only for the evaluation carried out during the storage period. Differences ( $P < 0.05$ ) were observed for treatments and storage period for pH, however, for water activity (AW) no differences were identified ( $P \geq 0.05$ ). The treatments were significant ( $P < .0001$ ) in the evaluation of lipid oxidation, finding lower values (1.418 mg MDA/kg) regarding the CAR treatment. However, in protein oxidation, the TIM treatment showed the lowest values (0.567 nmol carbonyl /mg of protein) being different ( $P < .0001$ ) from the other evaluated treatments.

In determining the antioxidant activity, among the evaluated treatments, the DPPH test revealed a significant difference ( $P < .0001$ ), with the highest values observed in the CON treatment. Nevertheless, no effects ( $P \geq 0.05$ ) of treatments were observed in the ABTS+ trial. Storage period was significant ( $P < .0001$ ) for lipid oxidation, protein oxidation and DPPH assay. The antioxidant compounds (TIM or CAR) showed effects for the total proportions of saturated fatty acids (SFA) ( $P < 0.0002$ ), monounsaturated fatty acids (MUFA) ( $P < 0.0016$ ), polyunsaturated fatty acids (PUFA) ( $P < 0.036$ ), proportion of monounsaturated and saturated (MUFA:SFA) ( $P < 0.0002$ ), proportion of monounsaturated and polyunsaturated (MUFA:PUFA) ( $P < 0.0122$ ), omega 3 (n3) ( $P < 0.0135$ ) omega 6 (n6) ( $P < 0.0424$ ) and the proportion of omega 6 and omega 3 (n6:n3) ( $P < 0.0096$ ). Storage (0 and 120 days) showed effects on the total percentage of MUFA ( $P < 0.0081$ ), PUFA ( $P < 0.0004$ ), PUFA/SFA ( $P < 0.0046$ ), MUFA/PUFA ( $P < 0.0011$ ), n3 ( $P < 0.0005$ ) and for the proportion n3:n6 ( $P < 0.0036$ ). In the sensory analysis of the hamburgers, no effects of antioxidant compounds were observed ( $P > 0.05$ ). The evaluated parameters showed an average of 6.78 regardless of the treatments. Thus, the supplementation of antioxidant compounds in the diet resulted in greater color stability and reduction in the oxidation process of the hamburgers.

**Keywords:** Antioxidant, goats, meat, oxidation, *Origanum Vulgare*, *Tymus Vulgare*

## Introdução

A fim de proporcionar um produto de qualidade e que atenda as demandas atuais, o desenvolvimento de processos e produção de alimentos de fácil e rápido preparo, têm-se expandido industrialmente. O consumo de carne tipo “hambúrguer” atende essa demanda e ressaltando a praticidade e a conveniência exigida pelos consumidores da era moderna.

Um estudo realizado por Vessoni et al. (2019) verificou o consumo de carne, sendo que 68,7% dos participantes relataram ser frequentemente consumidores de hambúrguer, os motivos mais apontados para consumir esse tipo de produto foram: sabor e praticidade. Como esclarece o Decreto nº 9.013, “hambúrguer é o produto cárneo obtido de carne moída das diferentes espécies animais, com adição ou não de ingredientes,

moldado na forma e submetido à processo tecnológico específico” (Brasil, 2017). Para garantia da qualidade e manutenção da identidade a Portaria SDA nº 420, de 15 de outubro de 2021, determina que o produto deve conter obrigatoriamente carne, que pode ser de diferentes espécies, e deve atender as características sensoriais, físico-química e de acondicionamento adequado (Brasil, 2021).

O perfil dos produtos à base de carne pode ser melhorado com o uso de ingredientes benéficos para o processamento, armazenamento e/ou para a promoção de saúde dos consumidores, como os de caráter funcional e tecnológico. A adição de antioxidantes naturais pode promover a carne e os produtos cárneos proteção contra danos oxidativos, que resultam em alterações nas propriedades sensoriais e nos parâmetros instrumentais de cor. Segundo a Portaria SDA nº 420, de 15 de outubro de 2021, o teor de gordura para produtos emulsionados tipo hambúrguer deve ser no máximo de 25%, no mínimo 15% de proteínas e 3% de carboidratos totais (Brasil, 2021). Desta forma, e justifica-se o uso de aditivos que promovam a redução da oxidação e perda de qualidade, fatores que possibilitam a redução da aceitabilidade do produto pelo consumidor.

Fatores como sabor, aroma maciez e suculência são características desejáveis nas carnes, sendo os lipídeos os componentes com maior impacto sobre estas características. São descritas como fatores que levam a rejeição do consumidor fatores como alterações na cor e textura, além disso, a oxidação lipídica ainda altera o valor nutricional, o sabor e o aroma acarretando em ranço, este é responsável por sabores desagradáveis, razões importantes para a rejeição do consumidor (Lima et al., 2013).

O processo de desenvolvimento do ranço oxidativo é bastante complexo no qual os ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio molecular por meio de peróxidos formadores de cadeia de radicais livres (Min & Ahn, 2005). Entretanto, a estabilidade oxidativa dos ácidos graxos, depende do grau de insaturação, a exposição à luz e ao calor e a presença de oxigênio molecular, componentes pró-oxidantes e antioxidantes (Lima et al., 2013). Portanto, componentes como ferro, mioglobina (Mb), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e ácido ascórbico encontrados no tecido muscular podem atuar como catalisadores promovendo a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) (Wójciak & Dolatowski, 2012).

Desta forma, os processos oxidativos são descritos como as principais causas de deterioração química na carne, iniciando no músculo do animal vivo e intensificando após o abate devido às mudanças no ambiente e à perda da capacidade antioxidante intrínseca (Shah et al., 2014). Assim, o uso de compostos naturais que apresentem relevância na

conservação dos produtos cárneos tendo em vista seus potenciais efeitos em prevenir ou retardar a deterioração, torna-se estratégia vantajosa (Kempinski et al., 2017; Vital et al., 2016).

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no Setor de Caprinocultura e no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

Os procedimentos envolvendo animais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 5247190121).

### *Delineamento e Tratamentos experimentais*

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3x5: três tratamentos (hambúrgueses sem inclusão de compostos antioxidantes, COM; com inclusão de 300 mg timol/kg MS, TIM e com inclusão de 300 mg carvacrol/kg MS, CAR) e cinco períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias, - 18°C)

Os tratamentos consistiram na suplementação dos caprinos com compostos antioxidantes na ração sendo: sem inclusão de compostos antioxidantes (CON); com inclusão de 300 mg timol/kg MS (TIM) e com inclusão de 300 mg carvacrol/kg MS (CAR) e dois gêneros (macho e fêmea). A inclusão dos compostos antioxidantes baseou-se em estudos anteriores desenvolvidos pelo grupo de pesquisa NUPEL-UEM e achados na literatura, utilizando como referência a capacidade antioxidantes dos óleos ou compostos antioxidantes. Os compostos timol e carvacrol foram adquiridos em parceria com a empresa GRASP®.

### *Produção dos Hambúrgueses com carne da paleta de caprinos*

O peso de abate foi estabelecido ao início do experimento, desta forma, ao atingirem o peso vivo de  $32 \pm 2,015$  kg, os animais permaneceram em jejum de sólidos de 16 horas, sendo novamente pesados antes do abate para se obter os pesos corporais ao abate (PCA). Para o abate, foi realizada a insensibilização por eletronarcose mediante descarga de 220V por 8 segundos, e realizada a sangria pela secção das veias jugulares e as artérias carótidas.

Em seguida as paletas foram separadas sendo posteriormente resfriadas, totalizando 30 unidades com peso médio de 1,5 kg. Para a preparação dos hambúrgueres, as paletas foram desossadas manualmente com auxílio de facas e trituradas em moedor, sendo em seguida homogeneizadas por 5 minutos, seguido de moldagem ( $\pm 100$ g) em forma de 10 cm de diâmetro e 1 centímetro de espessura (Figura 1). Os hambúrgueres foram constituídos com 100% matéria prima cárnea, proveniente da paleta dos caprinos e 20% de gordura do próprio animal, sem adição de qualquer outro ingrediente. A composição química seguiu os parâmetros estabelecidos pela Portaria SDA nº 420, de 15 de outubro de 2021 (Tabela 1).

Após o processo modelagem, os hambúrgueres (Figura 1) foram imediatamente envoltos com filme plástico e papel alumino, sendo dispostos em bandejas de polipropileno e congelados.

#### *Composição química da carne da paleta dos caprinos*

A composição química dos hambúrgueres (Tabela 1) com a carne da paleta dos caprinos foram analisadas quanto à composição química de acordo com os métodos da *Association of Analytical Chemists* (AOAC, 2000). Os músculos das paletas foram triturados em processador, homogeneizados, pesados, secos em estufa de ventilação forçada (MA035, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 55 °C por 72 h, e moídos em moinho de bola (MA350, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil). O teor de umidade foi obtido por secagem de amostras de carne em estufa (55 °C até peso constante) de acordo com o método n. 950.15. O teor de lipídeos totais foi avaliado gravimetricamente usando extração com solvente éter segundo o método n. 920.39) de acordo com AOAC (2000). O teor de nitrogênio foi realizado pelo método de Kjeldahl de acordo com o método n. 984.13 e o teor de proteína foi obtido multiplicando o nitrogênio total por um fator de

coeficiente de 6,25. O teor de cinzas foi obtido usando um forno mufla a 600°C de acordo com o método n. 942.05.

#### *Determinação do pH e da atividade de água (Aw)*

O pHmetro (Hanna Instruments modelo HI99163, Romaria, Brasil) foi usado para medir o pH, sendo calibrado utilizando soluções tampão de pH conhecido (4,0 e 7,0) antes das medições. O eletrodo foi inserido nas amostras nos dias 0, 30, 60, 90 e 120.

Para a determinação da atividade de água (Aw) utilizou-se o aparelho medidor de atividade de água (4TEV-AQUALAB) sendo realizada leitura direta nas amostras, nos mesmos dias descritos na análise de pH.

#### *Análise instrumental de cor - CIELAB*

As medições dos parâmetros de cor foram efetuadas usando o sistema CIELAB com um Minolta CR-400 Chroma meter (Japão) (com ângulo de visão de 10°, iluminante D65, 8 mm de abertura com um cone fechado). Os parâmetros L\* (luminosidade), a\* (vermelhidão) e b\* (amarelecimento) foram realizados em triplicata de pontos aleatórios sobre a superfície dos hambúrguer e os índices de intensidade de chroma [ $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$ ] (Hunt et al., 1991; Ripoll et al., 2013). Cada amostra foi exposta ao oxigênio por 30 minutos antes da leitura, sendo as medições realizadas a temperatura ambiente (20 °C). Seis medidas em pontos selecionados aleatoriamente foram registradas por amostra.

#### *Perda de peso por cocção (PPC)*

A quantificação da perda de peso durante o cozimento foi realizada por meio do registro dos pesos das amostras antes e após o cozimento. Para isso, as amostras foram embrulhadas em papel alumínio e cozidas em grelha (Grill Philco Jumbo Inox, Philco SA, Brasil, aquecimento prévio até 170°C) até atingir a temperatura interna de 72°C. Grelha e mantida em temperatura ambiente para resfriar até atingir 25°C e, em seguida, as amostras foram novamente pesadas.

A perda de peso no cozimento foi calculada a partir das diferenças no peso da amostra crua (A) e amostras cozidas (B). Onde, % Perda por Cocção =  $[(A-B) / A] \times 100$ , sendo expressas em porcentagem.

#### *Análise do perfil de textura – força de cisalhamento (FC)*

Para a análise da textura os Hambúrgueres foram previamente cozidos, para isso, as amostras foram embrulhadas em papel alumínio e dispersas em grelha (Grill Philco Jumbo Inox, Philco SA, Brasil; aquecimento prévio até 200 °C) até atingir a temperatura interna de 72 °C, em seguida utilizou-se texturômetro (CT3, Texture Analyzer Brookfield®) equipado com uma lâmina Warner- Bratzler. O instrumento foi ajustado para velocidade de 2 mm/s, distância alvo de 30 mm e trigger de 10 g, seguindo o protocolo proposto por Honikel (1998), sendo os resultados expressos em quilograma força (kgf).

Amostras cilíndricas foram obtidas com o auxílio de cortador (2,5 cm de diâmetro e altura de 1,0 cm, aproximadamente). O cortador foi colocado perpendicularmente na superfície do hambúrguer e pressionado de modo que toda a lâmina de corte atravessasse a amostra e, em seguida, levantou-se para remover a amostra. Os parâmetros mencionados descrevem os resultados de dureza devido sua elevada importância para o produto analisado.

#### *Capacidade de retenção de água (CRA)*

Para a avaliação da capacidade de retenção de água (CRA) seguiu-se o método sugerido por Jauregui et al. (1981) com adaptações Ángel-Rendón et al. (2019). Amostras de  $1,500 \pm 0,100$  g foram envoltos em um papel de filtro nº 3 previamente pesado, e em papel de filtro nº 50. As amostras foram centrifugadas a 9000 rpm por 20 min a 4 °C. Em seguida, o papel de filtro nº 3 contendo a amostra foi pesado para determinação de CRA usando a seguinte equação Eq. (1), onde  $W_{sp}$  é o peso final da amostra e do papel de filtro nº 3,  $W_p$  é o peso inicial do papel de filtro nº 3,  $W_s$  é o peso inicial da amostra e MC é o teor de umidade em uma base.

$$CAR = \frac{(W_{sp} - W_p) - \left( W_s - \left( \frac{W_s * Mc}{100} \right) \right)}{W_s} \quad (1)$$

*Determinação de atividade antioxidante pelos métodos – DPPH• e ABTS•+*

Para análise de antioxidantes, amostras de carne foram homogeneizadas com metanol (1: 1 p/v) utilizando um Ultra-Turrax (IKA® - T10, EUA). Em seguida, as amostras foram centrifugadas (6.000 rpm, 15 min) e filtradas com papel de filtro (grama 80 g/m<sup>2</sup>, espessura 205 m, poros 14 m).

A atividade antioxidante foi medida usando os ensaios DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) seguindo metodologia descrita por Brand-Wiliams et al. (1995), adaptada por Wende et al. (2005) e a capacidade antioxidante total, pelo método de captura do radical ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)), conforme descrito por Erel (2004).

O extrato para análises de DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) e ABTS+ [2,2'-azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] foram realizados utilizando 5 g de carne em 10 mL de solução extratora (metanol).

Resumidamente, uma solução de 0,06 mmol/L de DPPH em metanol foi preparada e deixada por 1 h no escuro a 4 °C. A solução metanólica de DPPH 0,06 mM (1,9 mL) foi adicionada aos extratos metanólicos dos hambúrgueres (100 µL). As soluções foram agitadas em vórtex e deixadas por 30 minutos no escuro. A absorvância foi medida em 515 nm em placa de micro titulação, método de difusão em placa de orifício, pelo leitor de microplacas Versa Max Tunable (Microplate Read, California, EUA), usando placa de cultura de tecidos de fundo plano (96 poços) contra um branco, sendo a atividade de eliminação de radicais DPPH expressa como IC50 mg/mg.

A atividade de eliminação do radical ABTS das amostras de carne foi determinada como descrito por Erel et al. (2004), com a adição de 25 µL do extrato em 1000 µL do reagente 1 (solução tampão acetato 0,4 mol/l (pH 5,8)) + 100 µL do reagente 2 (solução tampão acetato 30 mol/l (pH 3,6) + peróxido de hidrogênio + ABTS•). A absorvância foi realizada em 734 nm (Espectrofotômetro Evolution 300 UV-VIS, Thermo Fisher Scientific, EUA) após 5 min de reação. A porcentagem de eliminação do radical foi calculada com uso da equação da reta gerada da curva entre concentração de Trolox e

porcentagem de inibição. Os resultados foram expressos como mg equivalentes TROLOX/ mg de amostra.

#### *Medição das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)*

A oxidação lipídica foi medida pela quantificação do malonaldeído (MDA) equivalente ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme metodologia descrita por Vyncke (1970) com adaptações de Vital et al. (2016). Amostras (5 g) e solução de TCA (10 mL, TCA 7,5%, ácido gálico 0,1% e EDTA 0,1%) foram misturadas, homogeneizadas (Ultra Turrax) e depois centrifugadas (6.000 rpm, 4 °C, 15 min). O sobrenadante foi filtrado (papel de filtro Whatman: 0,16 mm de espessura, 20-25 seg. velocidade de filtração, 4-12 µm de retenção de partículas) e misturado com reagente TBA (1:1 v/v). A mistura foi fervida por 15 minutos a 100 °C, resfriada, centrifugados a 4 °C em 6000 g × 15 min, em seguida a absorbância foi medida a 532 nm em espectrofotômetro (Evolution 300 UV-VIS Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, EUA). Os resultados foram expressos em mg MDA/kg de carne.

#### *Quantificação de carbonilas totais pelo método DNPH (2,4-dinitrofenilhidrazina)*

A oxidação das proteínas foi avaliada a partir da quantificação de compostos carbonílicos totais das amostras após derivatização com 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH) segundo a metodologia de Levine (1990), com algumas modificações. Cerca de 4 g de amostra foi homogeneizada com tampão Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 20 mM e NaCl 0,6 M com pH 6,5 (1:10) (p/v).

Deste homogeneizado, 150 µL foram utilizados para determinar a concentração de proteínas e o conteúdo de compostos carbonílicos. Em ambos os casos, as proteínas foram precipitadas com 1mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% após centrifugação a frio (+4°C) a 2400 g. Para a determinação dos compostos carbonílicos foi adicionado 1 mL de HCL 2M e DNPH 0,2%.

Para a determinação das proteínas foi adicionado apenas 1 mL de HCL 2 M. Após incubação a temperatura ambiente por 1 h as proteínas foram precipitadas novamente com 1 mL de TCA 10% e centrifugação a 9000 g por 10 min. Após duas lavagens com 1 mL de etanol/acetato de etila (1:1 v/v) seguidas de centrifugações a 9000 g por 5 min, entre

cada lavagem as proteínas precipitadas foram dissolvidas em 1,5 mL de tampão  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  20 mM, pH 6,5 adicionado de cloridrato de guanidina 6 M. A concentração de proteínas das amostras foi calculada a partir da leitura das absorvâncias a 280 nm utilizando uma curva padrão de albumina sérica bovina (BSA).

A quantidade de carbonílicos foi expressa em nmoles de carbonílicos por mg de proteína, usando um coeficiente de extinção molar de hidrazonas ( $21,0 \text{ nM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) com leituras da absorvância a 370 nm, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro Evolution 300 UV-VIS (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, EUA). Os resultados foram expressos como nmol de grupos carbonil/mg de proteína. Para a determinação de oxidação proteica as análises foram realizadas nos dias 0, 30, 60, 90 e 120, em triplicata.

#### *Perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres*

Para determinar o perfil de ácidos graxos da carne, foi realizada a extração de lipídios totais (Bligh e Dyer, 1959) e o processo de transesterificação, de acordo com a Organização Internacional de Normalização (ISSO -1978). As amostras de carne (30 g de músculo LL) foram homogeneizadas em clorofórmio e metanol, filtradas, decantadas e os solventes foram evaporados em banho-maria rota-evaporador (Marconi®) a 33 °C. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados usando um cromatógrafo de gás (GC-17A, Shimadzu®, Kyoto, Japão). Os resultados foram expressos como porcentagens relativas dos ácidos graxos identificados no total. Foi calculada a proporção de ômega 6 e ômega 3 (N6:N3), proporção de mono-insaturados e saturados (MUFA:SFA), proporção de poli-insaturados e saturados (PUFA:SFA) e a proporção de mono-insaturados e poli-insaturados (MUFA:PUFA) (Ulbricht & Southgate, 1991).

#### *Análise sensorial*

A avaliação da aceitação dos hambúrgueres de carne caprina prontos para consumo envolveu setenta consumidores (36 mulheres e 28 homens, com idades entre 22 e 38 anos). Foi utilizada escala hedônica, com nove pontos, variando de desgostei muitíssimo à gostei muitíssimo para o teste de aceitabilidade. Para a intenção de compra a escala foram ordenados cinco pontos, sendo: certamente não compraria à certamente compraria. Ambas as escalas foram utilizadas para classificar as características das amostras segundo os consumidores, sendo: cor, aroma, textura, sabor, impressão global e intenção de compra. Para isso, as amostras foram assadas e após atingirem temperatura interna de

72 °C, sendo cortadas em dimensões de 2,5 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura, aproximadamente, após, foram embrulhadas em papel alumínio e posteriormente oferecidas aos provadores para avaliação. Para identificação foram utilizados números codificados aleatórios para cada amostras. Posteriormente foi calculado o índice de aceitabilidade (IA) do produto, onde:  $IA (\%) = A \times 100/B$ , sendo B = nota máxima dada ao produto e A = nota média obtida para o produto (Dutcosky, 1996; Monteiro, 1984).

Foram realizadas análises microbiológicas das amostras para atestar a seguridade dos painelistas, sendo os valores observados de  $>3,2$  NMP/g para Coliformes fecais, negativo para Salmonella (UFCg) e  $>10^{-1}$  UFCg para Psicrotróficas (Silva et al. 2007).

Esta pesquisa foi previamente analisada pelo Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) sob o protocolo N° 50178121.2.0000.0104.

#### *Análises estatísticas*

Para avaliar a presença de outliers foi utilizado o procedimento UNIVARIATE. Em seguida os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para isso, foi utilizado o procedimento Proc Mixed do pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, EUA). Efeitos foram declarados significativos quando  $P < 0,05$ .

## **Resultados**

#### *Avaliação qualitativa dos Hambúrgueres*

Os efeitos da suplementação de compostos antioxidantes (TIM ou CAR) nas dietas dos cabritos sobre os parâmetros qualitativos do hambúrguer da carne caprina são ilustrados na Tabela 2. Para o pH, diferenças ( $P \leq 0,05$ ) foram observadas entre os tratamentos e durante o tempo de armazenamento.

Na avaliação da atividade de água ( $A_w$ ) não foram observados efeitos ( $P \geq 0,05$ ), o mesmo seguiu-se para a capacidade de retenção de água (CRA) ( $P \geq 0,05$ ). Para as perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) foram registrados efeitos ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos.

### *Análise instrumental de cor - CIELAB*

Os dados dos atributos de cor resultantes dos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 3. Para o valor de luminosidade ( $L^*$ ) dos hambúrgueres, diferenças significativas ( $P \leq 0,0001$ ) foram observadas para os valores de  $L^*$  entre os hambúrgueres CON e os hambúrgueres com compostos antioxidantes, TIM e CAR.

Para o valor de vermelhidão ( $a^*$ ), não foram observadas diferenças ( $P \geq 0,05$ ) entre os tratamentos (CON, TIM e CAR). O amarelecimento ( $b^*$ ) dos hambúrgueres de carne caprina tratados com compostos antioxidantes TIM e CAR, não foram observadas diferenças ( $P \leq 0,05$ ). Comportamento semelhante ao observado para os valores de chroma ( $C^*$ ), sem efeitos ( $P \geq 0,05$ ) observados entre os tratamentos.

Diferenças significativas ( $P \leq 0,0001$ ) foram observadas entre o CON e os hambúrgueres com compostos antioxidantes, (TIM e CAR) determinadas durante o período de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias) para as médias de  $L^*$  (Tabela 4),  $a^*$ ,  $b^*$  e *Chroma*<sup>\*</sup>.

Efeitos ( $P \leq 0,0001$ ) foram identificados na interação entre os tratamentos e os períodos de armazenamento para a variável  $L^*$ . observa-se que os valores das amostras do tratamento CON reduziram, 14% durante todo o período de armazenamento. Nas amostras do tratamento TIM foram identificados comportamento semelhante ao supracitado, entretanto, para as amostras do tratamento CAR aumento nos valores foram identificados, em média 10% até aos 90 dias de armazenamento.

### *Determinação de atividade antioxidante pelos métodos – DPPH<sup>•</sup> e ABTS<sup>•+</sup>*

Os valores de DPPH e ABTS observados na amostras de hambúrguer de caprinos são relatados na Tabela 4. O ensaio DPPH revelou diferença ( $P < 0,0001$ ) na atividade antioxidante, entre os tratamentos avaliados (CON, TIN e CAR), com maiores valores médios registrados no grupo CON. No período de armazenamento efeitos ( $P < 0,0003$ ) foram observados, nota-se maior capacidade antioxidante para as amostras (TIM e CAR) até os 60 dias, entretanto aos 90 dias as amostras TIM ainda apresentam melhores valores comparativamente aos demais tratamentos (CON e CAR).

As análises realizadas nas amostras pelo método de captura do radical ABTS não revelou diferenças significativas ( $P > 0,05$ ).

### *Medição das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)*

A oxidação lipídica dos hambúrgueres foi avaliada pela quantificação do malonaldeído (MDA) sendo expressos em mg MDA/kg de amostra (Tabela 4). Os hambúrgueres com compostos antioxidantes TIM ou CAR, apresentaram menores valores de mg MDA/kg até 90 dias de armazenamento, comparativamente ao tratamento controle. Desta forma, pelo desdobramento dos dados foi possível identificar efeito significativo ( $P \leq 0,0001$ ) para os tratamentos (Tr), tempo de armazenamento (Ar) e o efeito da interação dos dois fatores Tr x Ar.

Para os tempos de armazenamento, observou-se efeito ( $P \leq 0,0001$ ) a partir do 30<sup>a</sup> dia de armazenamento, sendo os valores de mg MDA/kg apresentaram comportamento linear para ambos os tratamentos (CON, TIM e CAR). Entretanto, o TIM apresentou 3,311 mg MDA/kg ao dia 120 de avaliação, valor esse 55,96% superior ao registrado aos 90 dias. Também foram observados efeitos ( $P \leq 0,0001$ ) na interação dos tratamentos e dias de armazenamento.

Os valores de MDA entre os dias 60 e 90 praticamente não apresentaram grandes alterações, contudo, pode-se notar que o tratamento CAR, demonstrou comportamento distinto dos dias anteriores, com valores abaixo dos já descritos, semelhante ao apresentado para o tratamento TIM aos 120 dias, 52,35% acima dos determinados aos 90 dias.

### *Determinação de carbonilas totais pelo método DNPH (2,4-dinitrofenilhidrazina)*

Os dados oxidação lipídica (mg MDA /kg), oxidação proteica (nmol de proteína carbonilada /mg), são apresentados na Tabela 4. A adição de compostos antioxidantes (TIM e CAR), apresentou efeito significativo ( $P < 0,0001$ ), atingindo concentrações médias de 0,761 mmol de carbonila /mg proteína valores determinados nas amostras controle (CON), sem inclusão de compostos antioxidantes, sendo 0,567 e 0,805 mmol de carbonila /mg proteína para as amostras com compostos antioxidantes TIM ou CAR, respectivamente.

Diferenças significativas ( $P < 0,0001$ ) foram observadas entre os compostos antioxidantes TIM e CAR, as amostras com TIM apresentaram cerca de 29,56% a menos de mmol de carbonila /mg proteína, comparativamente as amostras CAR. Variação

próxima identificada em comparação as amostras CON, com redução de 25,49% de mmol de carbonila /mg proteína. Desta forma, o composto timol utilizado na dieta dos cabritos (300 mg/kg de MS) apresentou-se superior aos demais avaliados, a partir dos valores identificados (Tabela 4). Os tratamentos e os dias de armazenamento apresentaram efeitos ( $P < 0,0001$ ), desta forma, ao longo do armazenamento as amostras com TIM ou CAR apresentaram elevação dos valores, entretanto significativamente abaixo das amostras sem compostos antioxidantes (COM).

Os compostos antioxidantes incluídos na dieta dos cabritos, foram significativos ( $P < 0,0001$ ), para ambos os fatores avaliados, tratamentos (COM, TIM e CAR) e tempos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120,  $-18^{\circ}\text{C}$ ) segundo teores carbonilas (nmol /mg de proteína).

#### *Perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres*

Efeitos foram observados (Tabela 5) dos compostos antioxidantes (TIM ou CAR) para as proporções totais ácidos graxos saturados (SFA) ( $P < 0,002$ ), ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) ( $P < 0,0016$ ), ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) ( $P < 0,036$ ), proporção de mono-insaturados e saturados (MUFA:SFA) ( $P < 0,0002$ ), proporção de mono-insaturados e poli-insaturados (MUFA:PUFA) ( $P < 0,0122$ ), ômega 3 (n3) ( $P < 0,0135$ ), ômega 6 (n6) ( $P < 0,0424$ ) e a razão de ômega 6 e ômega 3 (n6:n3) ( $P < 0,0096$ ) (Tabela 5).

Os compostos antioxidantes (TIM ou CAR) apresentaram efeitos sobre os ácidos graxos saturados, C10:0 (ácido cáprico) ( $P < 0,038$ ), C17:0 (ácido Margárico) ( $P < 0,005$ ), C14:0 (ácido Mirístico) ( $P < 0,0004$ ), C15:0 (ácido Pentadecanóico) ( $P < 0,016$ ), C16:0 (ácido Palmítico) ( $P < 0,0009$ ), C20 (ácido Eicosanoico) ( $P < 0,0006$ ) e C18:0 (ácido Esteárico) ( $P < 0,001$ ). Para os ácidos graxos monoinsaturados, foram observados efeitos dos tratamentos sobre as porcentagens de C16:1 (ácido Palmitoleico) ( $P < 0,003$ ). Os ácidos graxos poli-insaturados C18:3n6 ( $\mu$ -linoleico) ( $P < 0,0135$ ) e o CLA (ácido linoleico conjugado) ( $P < 0,030$ ).

O armazenamento (0 e 120 dias) apresentaram efeitos sobre a porcentagem total de PUFA/ SFA ( $P < 0,0013$ ), MUFA:PUFA ( $P < 0,0015$ ), n3 ( $P < 0,0122$ ) e n6 ( $P < 0,0005$ ). Para SFA o armazenamento apresentou efeito sobre o C10:0 (Cáprico) ( $P < 0,027$ ), C12:0 (Lauric) ( $P < 0,0003$ ), Margárico ( $P < 0,0436$ ), Mirístico ( $P < 0,0047$ ), Pentadecanóico

( $P < 0,0004$ ), Eicosanoico ( $P < 0,0351$ ). O ácido MUFA C18:1n9 (Oleico) ( $P < 0,0151$ ) apresentou diferenças segundo as avaliações realizadas durante o armazenamento, efeito similar apresentado para a porcentagem total de PUFA C18:3n3 ( $P < 0,0122$ ) e C18:3n6 ( $P < 0,0005$ ).

Além de que, foram observados efeitos da interação dos tratamentos e períodos de armazenamento, sendo: MUFA ( $P < 0,0001$ ), PUFA ( $P < 0,0007$ ), n3 ( $P < 0,0001$ ), n6 ( $P < 0,0005$ ) e para as razões MUFA/PUFA ( $P < 0,0004$ ), PUFA:SFA ( $P < 0,0122$ ) e n3:n6 ( $P < 0,0001$ ). Também se observou interação para os ácidos graxos saturados: Cáprico, C10:0 ( $P < 0,0038$ ), Láurico, C12:0 ( $P < 0,0065$ ), Mirístico, C14:0 ( $P < 0,0085$ ), Pentadecanoico, C15:0 ( $P < 0,0001$ ) e Eicosanoico, C20:0 ( $P < 0,0001$ ) e Esteárico, C18:0 ( $P < 0,0001$ ). Para os ácidos graxos monoinsaturados, apenas foram observados efeitos do armazenamento o ácido Oleico, C18:1n9 ( $P < 0,0005$ ) e para os poli-insaturados: Alpha-linolênico, C18:3n3 ( $P < 0,0001$ ), Alpha-linolenic, C18:2n6 ( $P < 0,0006$ ), 11,14-Eicosadiênico, C20:2n6 ( $P < 0,033$ ) e Araquidônico, C20:4n6 ( $P < 0,0001$ ).

### *Análise Sensorial*

A análise dos dados não apresentou diferenças ( $P > 0,05$ ) na avaliação sensorial de hambúrguer da carne de caprinos (Tabela 6). Os parâmetros avaliados: cor, aroma, textura, sabor e intenção de global, apresentaram média de 6,78 (gostei ligeiramente) independente dos tratamentos, utilizando escala hedônica de 9 pontos, sendo o 1 desgostei muitíssimo e o 9 gostei muitíssimo.

## **Discussão**

O pH das amostras de hambúrgueres apresentou valor médio de 6,02 dentro da faixa descrita por Lima et al. (2021), os autores observaram valores variando entre 6,60 e 5,99 para hambúrguer de carne de caprinos enriquecido com albumina (Tabela 2).

A legislação brasileira, Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, não possui uma recomendação específica para valores de pH em hambúrgueres, todavia, a legislação para carnes mostra um pH aceitável entre os valores de 5,8 e 6,4 (Brasil, 2017) para carne própria para consumo rápido, valores mais elevados que esses, refletem o começo da

deterioração. Desta forma, todas as amostras avaliadas estão dentro do padrão estabelecido para carnes (Figura 3) entretanto, as amostras CON apresentaram pH acima do recomendado aos 90 dias. Os valores médios para o pH determinados durante o período de armazenamento apresentaram diferenças significativas, o maior valor foi determinado aos 90 dias (6,58) e o menor aos 60 dias (5,75) ambos observados no tratamento CON.

A avaliação do pH é um importante parâmetro de qualidade de produtos destinadas ao consumo, relacionado ao crescimento microbiano no alimento, sendo sua redução indicativo de crescimento de bactérias lácticas (KIM et al., 2019), enquanto o aumento do valor de pH possibilita a proliferação de bactérias produtoras de aminas.

O monitoramento do pH ao longo do período de armazenamento possibilita identificar o estado de conservação do produto cárneo sendo possível analisar o crescimento de algumas bactérias que deterioram os produtos cárneos durante o armazenamento, portanto, constitui uma importante avaliação do ponto de vista sanitário.

Neste sentido a avaliação da atividade de água ( $A_w$ ) apresenta importante avaliação na qualidade dos produtos, no processamento ao qual a carne é submetida e principalmente na vida de prateleira, pois é um dos principais parâmetros responsáveis ao desenvolvimento microbiano. A  $A_w$  avaliada nas amostras de hambúrgueres não apresentou efeito dos tratamentos avaliados (Tabela 2), foram observados valores médios de 0,995. A  $A_w$  demonstra o teor de água livre presente no interior das células do alimento, sendo a forma de água utilizada pelos microrganismos (Borba, 2010).

A capacidade de retenção de água dos hambúrgueres foi em média 65% (Tabela 2) sem efeitos dos tratamentos, o que representa em termos gerais, menores perdas do valor nutritivo da carne com relação a quantidade de exsudado liberado, resultando em carne mais úmida e com maior maciez, esse parâmetro tem efeito sobre as perdas de peso na cocção (PPC), segundo Silva Sobrinho et al. (2005) a perda de peso na cocção é influenciada pela capacidade de retenção de água nas estruturas da carne.

Alguns fatores apresentam efeitos sobre a capacidade de retenção de água, dentre eles, a raça e o peso de abate. Além disso, afirma-se que animais alimentados com rações com alta densidade proteica têm alta capacidade de retenção de água, assim, carnes com alta capacidade de retenção de água serão mais suculentas e saborosas ( Ates et al., 2021; Tüfekci et al., 2021)

Embora efeitos significativos da densidade proteica da dieta sobre a capacidade de retenção de água sejam relatados, alguns outros estudos relatam menor capacidade de

retenção de água para animais terminados a pasto (Diaz et al., 2002; Santos-Silva et al., 2002). Em estudo, Tüfekci et al. (2021) avaliaram as características de qualidade da carne e a composição de ácidos graxos de cabritos mestiços Hair Goat e Saanen Hair Goat terminados em regime intensivo, semi-intensivo e extensivo. As diferenças na capacidade de retenção de água e nos valores de perda por gotejamento dos grupos de terminação foram significativas; a maior capacidade de retenção de água foi obtida no grupo de terminação intensiva de cabritos mestiços Saanen, e o menor valor foi obtido no grupo de terminação extensiva.

Observou-se perda de peso na cocção (PPC) em média 28,39% para os hambúrgueres da carne de cabritos suplementados ou não compostos antioxidantes (TIM ou CAR). Entretanto, outros trabalhos relataram em média 19% de perda de peso em hambúrgueres elaborados com carne caprina (Santos Júnior et al., 2009; Almeida, 2011; Lima et al., 2021).

Para a força de cisalhamento (FC) em hambúrguer da carne de cabritos mestiços ½ Boer-Saanem o valor médio foi de 1,382 kgf (Tabela 2). Carnes com valores de cisalhamento inferior a 5,5 kgf podem ser considerados como carne macia (Dhanda, Taylon & Murray, 2003; Monte et al., 2007; Destefanis et al., 2008; Leão et al., 2012). Os valores observados ficaram abaixo dos relatados para carnes macia, em decorrência do tipo de produto avaliado, sendo estruturalmente diferente de uma fibra muscular intacta, porém, na avaliação do músculo dos cabritos utilizados para a confecção dos hambúrgueres apresentou valores médios de 3,77 kgf.

Para a avaliação das coordenadas de cor, Monte et al. (2007) descreveu valores médios de 35,80 para L\*, 16,60 para a\* e 4,20 para b\* em cabritos mestiços, o presente estudo (Tabela 3) identificou valores médios maiores para todas coordenadas, sendo 52,42 para L\*, 18,25 para a\* e 12,05 para b\* independente do tratamento, valores referentes ao dia 0 de armazenamento. Quanto maiores os valores de L\*, mais pálida é a carne, e quanto maiores os valores de a\* e b\*, mais vermelha e amarela, respectivamente. Desta forma, podemos considerar que as amostras de hambúrgueres apresentam maior intensidade de cor, em virtude dos elevados valores dos pigmentos, vermelho e amarela (Figura 3).

Todavia, durante o período de armazenamento foram observadas alterações nos valores, portanto, para as coordenadas L\* e a\* até os 120 dias de armazenamento apresentou redução de 4,2%. As coordenadas b\* e Chroma, apresentaram os menores valores aos 90 dias de armazenamento, sendo redução de 1,37 e 4,65 %, respectivamente.

Estas alterações demonstram que as amostras sofreram redução nas coordenadas de cor após o período de armazenamento a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , alterou a cor dos hambúrgueres. Resultados semelhantes foram observados por Queiroga et al., (2020) com perdas de um ponto percentual para as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , contudo sem alterações para a coordenada  $L^*$ .

Em trabalho realizado por Fernandes et al. (2018) utilizando extrato de orégano como potencial antioxidante apresentou resultados equivalente ao eritorbato de sódio, (aditivo utilizado pela indústria como conservante alimentar) observaram diferenças significativas nos parâmetros instrumentais de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ao longo de 135 dias de avaliação. Considerando que a incorporação de extrato de orégano demonstrou estabilidade nas coordenadas de cor conforme relatado por Fernandes et al. (2008), o uso dos compostos antioxidantes (TIM e CAR) do atual estudo apresentou comportamento semelhante na estabilidade da cor da carne (Tabela 3), demonstrando que, este efeito pode estar ligado a presença dos monoterpenos e sua capacidade em retardar a deterioração da cor, prolongando a vida útil da carne fresca.

As diferenças de cor entre os grupos avaliados podem ser devido à ação dos compostos atuarem como inibidores de radicais e quelantes de metais, interferindo no ciclo de oxidação na etapa de propagação, impedindo a formação de radicais lipídicos adicionais (Choe e Min, 2009; Allen & Cornforth, 2010).

Provavelmente, as ligações de metais, como ferro e cobre possíveis catalizadores do processo oxidativo foi reduzido, estabilizando-os em uma forma inativa ou insolúvel. Preservando assim, a cor da carne, devido à capacidade do antioxidante de limitar a oxidação lipídica, impedindo a formação subsequente de aldeídos reativos e limitando as reações catalisada pelo ferro (Allen & Cornforth, 2010; Dal Bosco et al., 2012).

A interação entre o uso de compostos antioxidante e tempo de armazenamento demonstrou diferenças (Tabela 3). Os tempos de armazenamento afetaram os parâmetros de cor,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  diminuindo os valores das quatro coordenadas. As maiores alterações ocorreram no período de armazenamento de 60 para 90 dias, os dados demonstraram tendência de redução dos valores para todas as variáveis.

A cor é uma das características de qualidade mais importantes para determinar a decisão do consumidor de comprar carne. A cor natural da carne é produzida pelos pigmentos mioglobina e hemoglobina. Esses componentes que definem a cor da carne são altamente suscetíveis à oxidação (Barbut et al., 2015; Payne et al., 2020). A oxidação da oximioglobina em metamioglobina acarreta em uma cor pouco atraente pelos consumidores.

A suplementação de dietética de óleos essenciais possibilita a manutenção dos teores dos pigmentos, sendo ativados os mecanismos que modificam a oxidação da hemoglobina (Simitzis et al., 2008). Os antioxidantes têm a capacidade de retardar a deterioração da cor da carne, estendendo a cor vermelha e retardando a formação de metamioglobina. Para outras espécies animais foram descritos resultados diferentes.

Desta forma, a mioglobina é comumente descrita por apresentar autooxidação, em virtude da sua formação, pois compreende uma globina e um grupo heme, sendo oxidação da mioglobina ocorrendo no átomo de ferro do grupo heme (Faustman et al., 2010, Suman & Joseph, 2013). É possível afirmar que todas as reações de oxidação que ocorrem na carne estão interligadas de uma forma ou de outra, portanto, é possível afirmar que a oxidação lipídica possa afetar o sistema de oxidação mediado pela mioglobina exercendo forte influência no resultado final (Jongberg, Lund, & Skibsted, 2017) e os sistemas oxidativos iniciados por ROS e os produtos oxidação lipídica podem promover a oxidação da proteína e vice-versa (Wang et al., 2019, Faustman et al., 2010).

Valores significativos foram identificados para ambos os tratamentos, em média os tratamentos (TIM e CAR) apresentaram redução de 7,7% comparativamente ao tratamento CON. Sendo o valor de IC50 inversamente proporcional à atividade sequestrante de radicais e à capacidade antioxidante determinada, os valores acima descritos representam maior efetividade dos compostos antioxidantes (TIM e CAR) frente ao tratamento COM, atestando maior eficiência dos compostos contra o radical DPPH.

Os valores mostram que os polifenóis dietéticos incluídos na dieta não sofrem modificações metabólicas consideráveis, o que possibilitou o enriquecimento da carne com moléculas bioativas provenientes da dieta. Branciarri et al. (2017) demonstraram que ao suplementar os animais por até 90 dias com azeitona, os polifenóis dietéticos foram capazes de aumentar o armazenamento de carne e preservação da estabilidade da cor da carne, resultado alcançado pela ação dos polifenóis agir sobre os processos oxidativos.

O trabalho realizado por Ranucci et al. (2019) também atestou a efetividade de compostos antioxidantes dietéticos pelos ensaios DPPH e ABTS, que revelaram maior atividade antioxidante da carne dos animais suplementados com uma mistura de óleos essenciais de endro (*Aneto graveolens L.*), casca de canela (*Cinnamomum Zeylanicum Blume*) e eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill.*). Os óleos utilizados ainda apresentaram, efeitos positivos na redução da oxidação avaliada pelo teste de TBARs, com menores teores observados na carne do grupo suplementado e na estabilidade da cor da carne após 7 dias.

Aumentos na atividade antioxidante e vida de prateleira, foram descritos por Nunõz-cuautle et al. (2022), em carnes de ovinos Suffolk Hampshire ao serem suplementados com óleo essencial de orégano (*Lippia graveolens*).

Os valores determinados no ensaio de DPPH durante os períodos de armazenamento (0, 30, 60,90 e 120 dias, -18°C), revelaram diferença na atividade antioxidante. As amostras do CON apresentaram as maiores médias durante todo o período de avaliação, demonstrando menor efetividade frente ao radical DPPH, sendo, os valores descritos pra TIM e CAR, mais eficazes com melhores médias observadas até aos 60 dias de armazenamento em comparação ao tratamento CON.

No ensaio ABTS não foi identificado diferenças mínimas significativas entre os tratamentos avaliados. Em particular, o ensaio ABTS mostrou-se menos eficiente na discriminação entre os tratamentos em comparação com o ensaio DPPH.

Mesmo que os métodos propostos apresentaram diferenças na capacidade de neutralizar os radicais livres, em conjunto esses dados corroboram com a hipótese de que o uso os compostos antioxidantes dietéticos é estratégia válida para melhorar ou aumentar a atividade antioxidante da carne, influenciando na estabilidade da cor e redução dos processos oxidativos.

A partir do teste de TBARS (Tabela 3) observou-se que as amostras sem compostos antioxidantes (CON) apresentaram maiores valores MDA/kg de amostra, comparativamente as amostras com compostos antioxidantes (TIM e CAR). O MDA, é um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos dos ácidos graxos poli-insaturados, formado durante o processo oxidativo. Portanto, a elevação dos valores de MDA nas amostras CON são resultados dos processos oxidativos, que estavam ocorrendo nessas amostras, sendo confirmadas pelas concentrações médias apresentadas de 2,025; 1,768 e 1,409 mg MDA/kg para COM, TIM e CAR, respectivamente.

Os resultados apresentados (Tabela 3) com o uso dos compostos antioxidantes TIM e CAR indicam que ambos os compostos podem ser utilizados de forma eficiente para prolongar a vida útil de hambúrgueres, corroborando com estudo realizado por Zahid et al. (2018), que observaram maior tempo de prateleira dos hambúrgueres acrescidos de extrato de *Coptis chinensis Franch* ou dente de alho (*Syzygium aromaticum L.*), esses demonstraram grande efetividade como antioxidantes inibindo os processos da oxidação lipídica, além de preservar a estabilidade da cor.

Neste sentido, a administração dietética de compostos antioxidantes (TIM ou CAR) foi capaz de reduziu a taxa de oxidação da carne com diferença entre os tratamentos

dietéticos observados segundo os valores de MDA  $\text{kg}^{-1}$  em cada momento de amostragem durante o armazenamento. A alta atividade antioxidante da dieta é demonstrada pela diferença nos níveis de mg MDA  $\text{kg}^{-1}$  observados mesmo no dia 0 de armazenamento.

Ambos os compostos antioxidantes TIM e CAR, utilizados, apresentaram efeito significativo em retardar a oxidação lipídica por período máximo de até 90 dias, fato este, confirmando a efetividade dos compostos ao apresentarem valores abaixo do limite máximo tolerável (1,59 mg de MDA  $\text{kg}^{-1}$ ). Nota-se em todos os dias de armazenamento (- 4 °C) as amostras com TIM e CAR apresentam valores de mg MDA  $\text{kg}^{-1}$  abaixo do tratamento CON, demonstrando efeito dos compostos antioxidantes na estabilidade oxidativa das amostras de carne acarretando em maior tempo de armazenamento.

Neste sentido, o óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) foi utilizado por Sharafati-Chaleshtori et al., 2015 como conservante natural em produto cárneo em diferentes concentrações (0,062, 0,125 e 0,25%). Os resultados mostraram que o uso do óleo essencial diminuiu a oxidação lipídica acarretando em maior tempo de armazenamento do produto cárneo, sendo este de 12 dias a 4 °C. Sua eficácia não foi dependente da concentração do óleo essencial utilizada.

Resultados semelhantes foram descritos por Manhani et al. (2018), os dados demonstraram estabilidade das amostras durante 30 dias de congelamento com o uso de extratos de alecrim e orégano. Ferreira et al. (2022) observou estabilidade oxidativa com uso da *Salvia officinalis* em produto cárneo por até 90 dias de armazenamento.

O efeito do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) e manjerona (*Origanum marjorana L.*) foram avaliadas por Mohamed e Mansour, (2012), em hambúrgueres congelados e armazenados por 3 meses a -18 °C, na concentração de 200 mg/kg em hambúrguer bovino formulado, com efeitos positivos, os autores concluíram que os óleos essenciais mostraram-se eficazes na redução da oxidação lipídica.

A adição de óleos essenciais de manjerona e alecrim no nível de 200 mg/kg reduziu significativamente o mg MDA  $\text{kg}^{-1}$  de hambúrgueres bovinos formulados, além disso, o TBARS de fórmulas preparadas com óleos essenciais de ervas naturais permaneceu significativamente menor durante o congelamento por 3 meses.

Outras fontes naturais de compostos antioxidantes foram avaliadas quanto sua efetividade frente aos processos oxidativos. Fasseas et al. (2007) utilizando óleo essencial de *Origanum vulgare subsp. Hirtum*, observaram redução significativa das reações de oxidação nas amostras tratadas com orégano, apresentando redução de 71% mg MDA/kg. Queiroga et al. (2020) estudaram a carne caprino com adição extrato de gergelim preto,

observou eficiente controle da oxidação de hambúrgueres caprinos com redução média de 69%, até 40 dias de armazenamento. Confirmando os achados por Silva *et al.* (2011) ao afirmar que o gergelim preto apresenta grande atividade antioxidante de eliminar e limitar a reatividade de radicais livres.

Entretanto os processos oxidativos podem ser influenciados por fatores intrínsecos (composição alimentar, origem, espécie animal, tipo de músculo, etc.) ou fatores extrínsecos (salga, maturação, fermentação, tratamento térmico, condições de armazenamento, etc.). Além destes, as formas de avaliação destes processos ou dos compostos que expressão tais reações podem ser interpretada de forma equivocada quando não levada em consideração a interação entre os diversos compostos gerados nas reações de oxidação.

Para a avaliação da oxidação proteica dos hambúrgueres foram determinadas as quantidades de carbonilas, formadas durante o processo de oxidação com base nas substâncias reativas ao 2,4-dinitrofenilhidrazina. As carbonilas são produtos da oxidação de certos aminoácidos como prolina, arginina e lisina e sua detecção pelo método DNPH tem sido empregada como avaliação da oxidação de proteínas amostras biológicas (Estevéz *et al.*, 2019, Ergezer & Serdaroğlu, 2018). Os resultados apresentados demonstram que os compostos apresentaram resultados contra a oxidação de proteína entretanto as interações entre os produtos gerados pelos processos oxidativos dificultam a real interpretação.

A avaliação ao longo do período de armazenamento demonstrou comportamento distinto ao decorrer das avaliações. Ao 30 e 60 dias os valores foram menores aos determinados no início do acompanhamento. Podendo representar a redução no processo de oxidação, entretanto aos 90 dias, houve crescente elevação dos valores de carbonila, para ambos os tratamentos avaliados, 72,20% (COM), 62,68% (TIM) e 59,86% (CAR) (Tabela 4 e Figura 5), comparando-os ao dia anterior de avaliação (60 dias). Contudo os valores aos 120 dias de armazenamento foram muito baixo aos descritos para o dia 90 de armazenamento (Figura 5).

Este comportamento pode ser explicado entendendo o processo oxidativo que ocorre em amostras biológicas, os lipídios oxidantes, o ferro heme e não heme desempenham papéis importantes no início da oxidação de proteínas (Ergezer e Serdaroğlu, 2018), sendo, o processo de oxidação lipídica desencadeado de forma mais rápida, portanto, os produtos secundários da oxidação lipídica promovem a oxidação das proteínas (Estevéz *et al.*, 2019, Ergezer e Serdaroğlu, 2018).

O tratamento com 300 mg/ timol kg MS (TIM) reduziu os níveis totais de ácidos graxos saturados (SFA), especialmente ácido Margárico (C17:0), ácido Pentadecanóico (C15:1), ácido Palmítico (C16:0) e o ácido Eicosanoico (C20:0) e aumentou os níveis de ácido Cáprico (C10:0) e ácido Mirístico (C14:0), enquanto a suplementação com 300 mg/ carvacrol MS (CAR) mostrou menor valor de C10:0, ácido Margárico (C17:0), ácido Palmítico (C16:0) e ácido Eicosanoico (C20:0) em comparação ao Controle (CON), o que é desejável porque esses SFA são hipercolesterolêmicos e estão associados ao maior risco de doença cardiovascular e diabetes tipo 2 (Chikwanha et al., 2018; Miltko et al., 2019).

A composição da gordura é relacionada com a incidência de doenças crônicas, dentre elas as cardiovasculares, entretanto, os diversos ácidos que compõem a gordura podem exercer efeitos promotores e/ou protetores dessas doenças (Eifert et al., 2006). A avaliação da qualidade nutricional desta gordura tem sido realizada, com base na composição de ácidos graxos, por meio da determinação de índices que relacionam o conteúdo de ácidos saturados, monoinsaturados, poli-insaturados e os das séries ômega-6 e ômega-3).

Os ácidos graxos poli-insaturados, como por exemplo os da série ômega-3, e o ácido linoleico conjugado (CLA) são relacionados com a redução na incidência de doenças cardiovasculares, prevenção e tratamento de tumores e da osteoporose (Christie, 1982; Lock e Bauman, 1993; Tapiero et al., 2002). Investigações realizadas por Smeti et al. (2018), observaram que o índice trombogênico apresentou variações significativas entre os grupos avaliados, sendo menor nas carnes dos animais que receberam a dieta com óleo essencial de Alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) (1,89) comparativamente as amostras controle (2,10) sem óleo essencial.

As alterações observadas (Tabela 5) nas concentrações dos perfis dos ácidos graxos podem resultar dos potenciais efeitos atribuídos aos compostos antioxidantes sobre a fermentação ruminal. Uma explicação de como os óleos essenciais afetam a fermentação ruminal não foi claramente estabelecida. Em trabalho realizado por Evans e Martin, (2000) os efeitos do Timol sobre os microrganismos ruminais foram avaliados. Em suma, os autores concluíram que a suplementação com Timol apresentou efeito sobre a fermentação, elevando o pH final nas fermentações ruminais, natou-se ainda, redução das concentrações de acetato e propionato, demonstrando efetivamente seu potencial em alterar a fermentação ruminal.

Estudo realizado por Smeti et al. (2021), o óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) apresentou efeito sobre a porcentagem total de ácidos graxos

poliinsaturados (PUFA) na carne de cordeiros, a porcentagem de ômega 6, as razões PUFA/SFA e ômega 6/ ômega 3 aumentaram com a administração oral de 0,6 ml de óleo essencial de alecrim. Os efeitos da suplementação com óleos essenciais também foram estudados por Giannenas et al. (2011), os resultados apresentaram efeitos da suplementação de óleo essencial (Crina®) nas proporções molares dos ácido graxo volátil (AGV) de ovelhas lactantes, evidenciadas por aumento linear na produção de propionato, com doses diárias de 150 mg de óleos essenciais (Crina®) kg<sup>-1</sup> de MS de concentrado.

A administração de óleos essenciais e seus efeitos sobre o metabolismo ruminal ainda apresentam resultados inconstantes. Portanto, as alterações nos padrões de fermentação e subsequente biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados em decorrência da efetividade dos compostos antioxidantes utilizados nas dietas dos cabritos sobre as bactérias ruminais pode ser a explicação dos resultados que apresentaram alterações nos perfis de ácidos graxos dos hambúrgueres.

Resultados distintos foram observados (Tabela 5) das razões sobre a composição molar de MUFA; o TIM aumentou os níveis de ácido Palmitoleico em comparação ao CON (2,865% vs. 3,017%) e o CAR aumentou os níveis de ácido Esteárico (C18:0) comparativamente ao CON (12,712% vs. 14,237%). Observou-se redução nas proporções molares do  $\alpha$ -linolênico (C18:3n6), entretanto, na avaliação do período de armazenamento as amostras com compostos antioxidantes expressaram maiores valores. O aumento na concentração de C18:3n-3 observado no armazenamento coincidiu com um aumento na concentração de PUFA ômega-3 (n-3).

A capacidade de conversão de  $\alpha$ -linolênico em n-3 PUFA de cadeia longa promotora da saúde é limitada em humanos (Chikwanha et al., 2018), o que reforça a importância de sua suplementação alimentar. Os efeitos dos compostos antioxidantes também foram observados no CLA, com maiores proporções determinadas nas amostras com TIM (0,280) e CAR (0,330) aumento de 10,8% comparativamente ao CON. Vários estudos relataram que dietas que favorecem o acúmulo de CLA tem efeito positivo em animais e humanos. Foi observado que o consumo de CLA apresenta reposta sobre o sistema imunológico, aterosclerose e saúde óssea (Kim et al., 2018).

Essas proporções observadas nos ácidos graxos dos hambúrgueres com a carne de cabritos demonstra que os ácidos graxos foram incorporados em grande parte no músculo, em vez de serem armazenados no tecido adiposo, o que é considerado um importante papel metabólico, semelhante ao observado por Fusaro et al. (2019) com maior tendência do acúmulo de CLA com dieta a pasto com suplementação com linhaça.

A razão n-6/n-3 é usada para avaliar o valor nutricional da gordura para consumo humano, esta razão é fortemente dependente do perfil de ácidos graxos da ração fornecida aos ruminantes. Esta razão é particularmente benéfica na carne de ruminantes que consomem forragens ou oleaginosas com um teor aumentado de C18:3 (Chikwanha et al., 2018). A redução dos coeficientes n-6/n:3 na produção de alimentos tem sido recomendada para prevenir ou modular certas doenças humanas (WHO/FAO, 2003).

Os resultados apresentaram razão n:6/n:3 nas amostras com compostos antioxidantes TIM (8,9) e CAR (9,3) mais baixas que os observados por Rotondi et al. (2018) que encontraram maior relação n-6/n-3 (10,12) na carne de animais alimentados com linhaça. Entretanto, valores mais baixos (5,37) foram descritos por Scarpa et al. (2021) para a razão n-6/n-3 da carcaça de cordeiros alimentados com orégano e linhaça. Parvar et al. (2018) observou valores médios de 5,47 para a relação n-6/n-3 da carcaça de cabritos com suplementação de óleo essencial de *Ferulago angulata* (Schltdl.).

Diversas estratégias alimentares foram testada com sucesso variável, grande parte devido à complexidade existente no ambiente ruminal e das respostas microbianas aos estímulos e desafios empregados pelas estratégias alimentares (Jenkins et al., 2008; Huws et al., 2011; Toral et al., 2016). Desta forma, a complexidade dos eventos ocorridos dentro com rumem tornam as informações menos completas e precisas sobre a modificação do perfil de ácidos graxos da carne e do leite, de mesmo modo, com o uso de moduladores específicos do ecossistema ruminal (Vasta e Luciano, 2011; Shingfield et al., 2013; Apás et al., 2015).

Portanto, mais investigações são necessárias para desvendar as causas de resultados inconsistentes, que podem ser devido à diversidade de componentes ativos, espécies de ruminantes, dosagem, composição da dieta basal e tempo de tratamento. Da mesma forma, a pesquisa deve continuar a abordar formas de mitigar os efeitos colaterais negativos de alguns suplementos no desempenho animal (particularmente, redução da gordura do leite) e na qualidade do produto (por exemplo, estabilidade oxidativa alterada e prazo de validade).

Os resultados obtidos na avaliação sensorial (Tabela 6) demonstram que o uso dos compostos antioxidantes dietéticos não apresentaram efeitos nos atributos avaliados. Desta forma, pode-se entender que é válida seu uso, em decorrência de todos os potenciais benefícios como dentre os quais podemos citar: o controle microbiano e a estabilidade oxidativa, fatores que possibilitam maior tempo de prateleira aos produtos sem comprometer a qualidade sensorial. A análise sensorial pode ser entendida como

especialidade científica para avaliar, estudar e explicar as particularidades dos alimentos, através da visão, olfato, paladar, tato e audição (Stone et al., 2004).

As características sensoriais da carne com adição de óleo essencial de *Pimpinella anisum* foram avaliadas por Khanjari et al. (2019), resultados satisfatórios foram observados no controle microbiológico em relação ao grupo controle, ao final do tempo de armazenamento, a população microbiana das amostras tratadas com 0,5% v/w diminuiu aproximadamente 1–2 logs UFC/g em comparação com o controle. O estudo de Boskovic et al. (2017) avaliaram a adição de óleo essencial de tomilho à carne suína, sendo que a aceitação sensorial foi maior nos tratamentos com a adição da menor concentração de óleo essencial e dentre os ativos testados, o timol e o carvacrol apresentaram o maior efeito inibitório contra quatro sorovares de *Salmonella*. Assim, pode-se dizer que em baixas concentrações, os óleos essenciais podem promover o controle microbiano sem alterar significativamente as características sensoriais dos produtos cárneos.

Entretanto, para o índice de aceitabilidade (IA) calculado, nota-se que ambos os hambúrgueres apresentaram aceitabilidade acima dos descritos na literatura para esse tipo de produto. Segundo Cortez Netto et al. (2017) médias superiores a 70% denotam excelente aceitação pelos julgadores/consumidores. Os hambúrgueres apresentaram medias de 75% para o IA, desta forma, é possível afirmar que os hambúrgueres com carne de carnos suplementados com compostos antioxidantes apresentaram notável aceitação apresentando. Independente dos tratamentos empregados, nota-se há excelente aceitabilidade da carne caprina pelos julgadores, em decorrência do valor apresentado para impressão global com 7,00 pontos em média.

Em conclusão, a adição dos compostos antioxidantes Timol ou Carvacrol adicionados na ração dos cabritos, apresentaram efeitos antioxidante determinados nos hambúrgueres, que utilizou a paleta dos cabritos com matriz. Efeitos foram observados, na redução das perdas por cozimento e retardo da descoloração (perda de luminosidade) durante o armazenamento, provavelmente em decorrência dos menores níveis de oxidação, como também melhorou a maciez dos hambúrgueres. Os tratamentos não tiveram efeito na aceitabilidade do consumidor.

Os compostos antioxidantes Timol e Carvacrol, encontrados em condimentos como o orégano e tomilho, são promissores para aumentar a vida útil de produtos cárneos, além de ser uma solução viável em substituição aos antioxidantes sintéticos, promovendo, o apelo de qualidade dos hambúrgueres de carne caprina.

## **Agradecimentos**

Agradecemos e reconhecemos os esforços de colaboração entre o Departamento de Zootecnia, o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá e a GRASP. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Finanças 001, pelo apoio financeiro (bolsade pesquisa)”, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Cadeia Produtiva do Leite (INCT-LEITE/UEL/UEM-PR), Londrina/Maringá, Paraná, Brasil (CNPq – INCT-Leite, bolsa nº 465725/2014-7), Brasília, DF, Brasil, Fundação Araucária, Curitiba, Paraná, CNPq – “Produtividade em Pesquisa/2021/24 - CNPq/GRANTS - Proc. 306.964/2021-0”.

## **Referências**

- Allen K, Cornforth D, 2010. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. *Meat Sci* 85:613-9.
- Almeida, R. 2011. Processamento de hambúrguer de carne caprina adicionados com diferentes níveis de farinha de aveia. UESB, Itapetinga/BA.
- AOAC., 2000. *Official Methods of Analysis*, 17<sup>th</sup> ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
- Ates, S., Keles, G., Demirci, U., Dogan, S., Kirbas, M., Filley, S. J., Parker, N. B. 2020. The effects of feeding system and breed on the performance and meat quality of weaned lambs. *Small Ruminant Research*, 192, 106225.
- Barbut, S. *Principles of meat processing*. 2015. In *The Science of Poultry and Meat Processing*, Barbut, S., Ed., University of Guelph: Guelph, ON, Canadá.
- Bligh, E.G., & Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.

Bondet, V., Brand-Williams, W., Berset, C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *LWT Food Sci. Technol.* 1997, 30, 609–615.

Borba, C. M. (2010). Physical and chemical evaluation of beef and chicken hamburgers submitted to different thermal processing. UFRGS, Faculty of Medicine, Graduation in Nutrition, Porto Alegre.

Branciari, R., Ranucci, D., Miraglia, D., Urbani, S., Esposito, S., Servili, M. 2015. Effect of dietary treatment with olive oil by-product (olive cake) on physicochemical, sensory and microbial characteristics of beef during storage. *Italian Journal of Food Safety*, 4(4).

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.

Brasil (2021). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. portaria sda nº 420, de 15 de outubro de 2021. Dispõe sobre os Requisitos de Identidade e Qualidade do Hambúrguer. Recuperado de [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br).

Brasil (2017). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Recuperado de [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br).

Dal Bosco, A., Mourvaki, E., Cardinali, R., Servili, M., Sebastiani, B., Ruggeri, S., Mattioli, S., Taticchi, A., Esposito, S., Castellini, C. 2012. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits. *Meat Sci* 92, 783-8.

Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M.T., Dal Molin, E. 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner– Bratzler shear force. *Meat science*, 78(3), 153-156.

Dhanda, J. S.; Taylor, D. G.; Murray, M. J. 2003. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and live weight at slaughter. *Small Ruminant Research*, 50(1-2)57-66.

- Diaz, M.T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Ruiz De Huidodro, F., Perez, Z., Gonzalez, J., and Manzanares, C. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality, *Small Ruminant Res.*, 43, 257–268.
- Dutcosky, S.D. 1996. *Análise sensorial de alimentos Curitiba*: Ed. DA Champagnat, 123.
- Eifert, E.C, Lana, R.P., Lanna, D.P.D., Leopoldino, W.M., Arcuri, P.B., Leão, M.I. 2006. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e monensina no início da lactação. *Rev Bras Zoot.* 35(1):219-28.
- El Adab, S., Hassouna, M. 2016. Proteolysis, lipolysis and sensory characteristics of a Tunisian dry fermented poultry meat sausage with oregano and thyme essential oils. *Journal of Food Safety*, 36(1), 19–32.
- Erel, O. 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37, 277– 285.
- Ergezer, H., e Serdaroğlu, M. 2018. Antioxidant potential of artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 982-991.
- Estévez, M., Padilla, P., Carvalho, L., Martín, L., Carrapiso, A., Delgado, J. 2019. Malondialdehyde interferes with the formation and detection of primary carbonyls in oxidized proteins. *Redox Biology*, 26, 101277
- Fasseas, M.K., Mountzouris, K.C., Tarantilis, P.A., Polissiou, M., Zervas, G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chemistry*, 106, 1188–1194.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., Suman, S. P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86–94.
- Fernandes, R.P.P., Trindade, M.A., Lorenzo, J.M., Melo, M.P. 2018. Assessment of the stability of sheep sausages with the addition of different concentrations of *Origanum vulgare* extract during storage. *Meat Sci.* 137, 244–257.
- Ferreira, C.S.R., Saqueti, B.H.F., Dos Santos, P.D.S., Da Silva, J.M., Matiucci, M. A., Feihmann, A.C., Santos, O.O. 2022. Effect of *Salvia* (*Salvia officinalis*) on the oxidative stability of salmon hamburgers. *LWT*, 154, 112867.

- Honikel K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49(4), 447–57.
- Hunt, M.C., Acton, J., Benedict, R., Calkins, C., Cornforth, D., Jeremiah L., Olsen, D., Salm C., Savell, J., Shivas, S. 1991. Guidelines for meat color evaluation (pp.1-17). American Meat Science Association, Kansas State University: Manhattan, KS.
- Jongberg, S., Lund, M.N., Skibsted, L.H. 2017. Protein oxidation in meat and meat products challenges for antioxidative protection. In G. Barbosa-Cánovas (Ed.). *Global food security and wellness*. New York: Springer. 315–337.
- Kempinski, E.M.B.C., Vital, A.C.P., de Oliveira Monteschio, J., Alexandre, S., Nascimento, K. F., Madrona, G. S., do Prado, I. N. 2017. Development and quality evaluation of infant food with oregano essential oil for children diagnosed with cerebral palsy. *LWT - Food Sci Technol*, 84: 579– 585.
- Kim, T.K., Hwang, K.E., Lee, M.A., Paik, H.D., Kim, Y.B., Choi, Y.S. 2019. Quality characteristics of pork loin cured with green nitrite source and some organic acids. *Meat science*, 152, 141-145.
- Leão, A.G., Silva Sobrinho, A.G.D., Moreno, G.M.B., Souza, H.B.A.D., Giampietro, A., Rossi, R.C., Perez, H.L. 2012. Características físico-químicas e sensoriais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1253-1262.
- Levine, R.L., Mosoni L., Berlett B.S., Stadtman, E.R. 1990. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*, 186, 464-478.
- Lima, R.F., da Silva, E.V., Paiva, Y.F., de Freitas, P.V.C., de Santana, A.G., da Silva França, K.R., dos Santos Araújo, A. 2021. Hambúrguer caprino enriquecido com diferentes concentrações de albumina: Aspectos físicos e físico-químicos. *Research, Society and Development*, 10(4).
- Manhani, M.R., Nicoletti, M.A., Barretto, A.C.D.S., De Jesus, G.R., Munhoz, C.C., De Abreu, G.R., Fukushima, A.R. 2018. Antioxidant action of rosemary and oregano extract in pre-cooked meat hamburger. *Food and Nutrition Sciences*, 9(7), 806-817.
- Min, B., & Ahn, D.U. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products- A review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 152-163.

Mohamed, H.M.H., & Mansour, H.A. 2012. Incorporating essential oils of marjoram and rosemary in the formulation of beef patties manufactured with mechanically deboned poultry meat to improve the lipid stability and sensory attributes. *LWT- Food Science and Technology*, 45, 79–87.

Monte, A.L.D.S., Selaive-Villaruel, A.B., Garruti, D.D.S., Zapata, J.F.F., Borges, Â.S. 2007. Parâmetros físicos e sensoriais de qualidade da carne de cabritos mestiços de diferentes grupos genéticos. *Food Science and Technology*, 27(2), 233-238.

Monteiro, C.L.B. 1984. *Técnicas de avaliação sensorial* 2.ed. Curitiba: CEPPA-UFPR, 101.

Muñoz-Cuautle, A., Ortega-Cerrilla, M.E., Herrera-Haro, J.G., Nava-Cuellar, C., Gutiérrez-Olvera, C., Ramírez-Bribiesca, J.E., Zetina-Córdoba, P. (2022). Effect of Oregano (*Lippia graveolens*) Essential Oil as a Phytogetic Feed Additive on Productive Performance, Ruminal Fermentation, and Antioxidant Activity in Lamb Meat. *Agriculture*, 12(7), 973.

Payne, C.E., Pannier, L., Anderson, F., Pethick, D.W., Gardner, G.E. 2020. Lamb age has little impact on eating quality. *Foods*, 9, 187.

Prior, R.L., Wu, X.L., Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Rev. Pneumol. Clin.*, 53, 4290–4302.

Queiroga, V. T. F., Santos Costa, S., Nóbrega Albuquerque, T., Santana, A. G., Silva, M. G., Marques, I. R., Albuquerque Meireles, B. R. L. 2020. Oxidative stability of goat hamburger added with black sesame extract. *Research, Society and Development*, 9(10), p. e5349108623-e5349108623, 2020.

Ranucci, D., Branciarri, R., Cobellis, G., Acuti, G., Miraglia, D., Olivieri, O., Roila, R., Trabalza-Marinucci, M. 2019. Dietary essential oil mix improves oxidative stability and hygienic characteristic of lamb meat. *Small Ruminant Research*, 175, 104-109.

Ripoll, G., Albertí, P., Casasús, I., Blanco, M. 2013. Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science*, 93, 336-343.

Santos Júnior, L. C. O., Rizzatti, R., Brungera, A., Schiavini, T. J., de Campos, E. F. M., Neto, J. F. S. dos Santos, L. R. 2009. Desenvolvimento de hambúrguer de carne de ovinos de descarte enriquecido com farinha de aveia. *Ciência Animal Brasileira*, 10(4), 1128-1134.

Santos-Silva, J., Mendes, I.A., and Bessa, R.J.B. 2002. The effect of genotype, feeding system slaughter weight on the quality of light lambs 1. growth, carcass composition and meat quality, *Livest. Prod. Sci.*, 76, 17–25.

Shah, M.A., Bosco, S.J., e Mir, S.A. 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1), 21-33.

Sharafati-Chaleshtori, R., Rokni, N., Rafieian-Kopaei, M., Drees, F., Salehi, E. 2015. Antioxidant and antibacterial activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil in beef burger. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 817–826.

Sharma, H., Mendiratta, S.K., Agrawal, R.K., Gurunathan, K., Kumar, S., Singh, T.P. 2017. Use of various essential oils as bio preservatives and their effect on the quality of vacuum packaged fresh chicken sausages under frozen conditions. *LWT Food Science and Technology*, 81, 118–127.

Silva Sobrinho, A. G.; Purchas, R. W.; Kadim, I. T.; Yamamoto, S. M. 2005. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, São Paulo, 34(3), 1070-1078.

Silva, N., Junqueira, V.A., Silveira, N.F.A. 2007. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. São Paulo: Varela, 3:103-122.

Silva, N., Junqueira, V.A., Silveira, N.F.A. 2007. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. São Paulo: Varela, 3:103-122.

Simitzis, P.E., Deligeorgis, S.G., Bizelis, J.A., Dardamani, A., Theodosiou, I., Fegeros, K. 2008. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Sci.*, 79, 217–223.

Suman, S.P., & Joseph, P. 2013. Myoglobin chemistry and meat color. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 79–99.

- Tüfekci, H., e Olfaz, M. 2021. Quality traits and fatty acid composition in meat of Hair Goat and Saanen× Hair Goat (G 1) crossbred kids fattened in different systems. *Archives Animal Breeding*, 64(2), 305-314.
- Ulbricht, T.L.V., & Southgate, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773), 985-992. 580
- Vessoni, N.G., Piaia, A.F. & Bernardi, D.M. 2019. Pesquisa de consumo de carne bovina, produtos cárneos, hambúrguer e alimentos funcionais. *Fag Journal Of Health (Fjh)*, 1(4), 25-37.
- Vital, A.C.P., Guerrero, A., Monteschio, J.D.O., Valero, M.V., Carvalho, C.B., Abreu Filho, B.A. 2016. Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. *PLoS ONE*, 11(8).
- Wang, Z., He, Z., Emara, A. M., Gan, X., Li, H. 2019. Effects of malondialdehyde as a byproduct of lipid oxidation on protein oxidation in rabbit meat. *Food Chemistry*, 288, 405-412.
- Wende, L., Fang, S., Shancheng, S., Harold, Corke, Trust, B. 2005. Free Radical Scavenging Properties and Phenolic. *Agric. Food Chem.* 53, 8533-8536.
- Wójciak, K.M., e Dolatowski, Z.J. 2012. Oxidative stability of fermented meat products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 11(2), 99-109.
- Zahid, M. A., Seo, J. K., Park, J. Y., Jeong, J. Y., Jin, S. K., Park, T. S., Yang, H. S. 2018. The effects of natural antioxidants on protein oxidation, lipid oxidation, color, and sensory attributes of beef patties during cold storage at 4°C. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(5), 1029.



**Figura 1.** Processamento da carne (1 - paleta; 2 - CON; 4 - TIM; 3 - CAR; 5- hambúrguer) da paleta de  $\frac{1}{2}$ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

**Tabela 1.** Composição química do hambúrguer da carne da paleta de cabritos  $\frac{1}{2}$  Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Umidade (%)	68,21
Cinzas (%)	2,97
Proteína bruta (%)	18,05
Lipídeos Totais (%)	11,41

Composição química determinada de acordo com AOAC (2000).

**Tabela 2.** Características qualitativas de hambúrgueres da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros <sup>1</sup>	Rações <sup>2</sup>			DMS <sup>3</sup>	EPM <sup>4</sup>	CV (%) <sup>5</sup>
	CON	TIM	CAR			
pH	6,13a	6,008b	5,934c	0,045	0,026	0,746
AW	0,996	0,996	0,995	0,0016	0,001	0,182
CRA (%)	65,925	65,984	63,630	14,668	3,80	8,98
PPC (%)	25,328b	30,506a	29,364ab	4,63	1,17	8,26
FC (kgf)	1,497a	1,269b	1,381ab	0,215	0,058	10,40

<sup>1</sup>pH = potencial hidrogeniônico; AW = atividade de água; CRA = capacidade de retenção de água, PPC = perda de peso na cocção, FC = força de cisalhamento, <sup>2</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes, TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS, CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS, <sup>3</sup>DMS diferença mínima significativa; <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média; <sup>5</sup>CV (%) = Coeficiente de variação. <sup>a,b</sup>Diferentes letras nas linhas significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 3.** Médias das coordenadas de cor (L\*, luminosidade, a\*, vermelhidão, b\*, amarelamento e Chroma) avaliadas durante o armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias, -18°C) de hambúrgueres da carne da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Tratamento	Armazenamento	L*	a*	b*	Chroma
CON	0	56,31a	17,81	11,48	22,14 <sup>a</sup>
	30	49,97b	18,70	13,83	22,19 <sup>a</sup>
	60	48,95b	16,50	12,23	19,35ab
	90	49,29b	13,95	10,65	15,81b
	120	48,21b	15,70	13,80	20,09ab
TIM	0	50,18a	17,17	11,04b	20,42
	30	41,94c	15,42	11,80ab	19,56
	60	51,81a	16,34	12,54ab	19,99
	90	44,66bc	14,45	10,20b	17,71
	120	47,04ab	13,62	14,99a	20,27
CAR	0	52,01ab	20,09a	13,63	24,43a
	30	47,83bc	16,19ab	12,78	20,66ab
	60	45,74c	13,45b	11,91	17,13b
	90	55,74a	17,32ab	11,18	19,52ab
	120	52,01ab	13,10b	13,63	18,18b
CV (%)		1,17	17,12	13,06	10,72
EPM		2,03	1,58	0,93	1,22
<i>p</i> -valor					
Tratamento (Tr)		< 0,0001	0,5340	0,8083	0,8637
Armazenamento (Ar)		< 0,0001	0,0281*	0,0041**	0,0007**
Tr x Ar		< 0,0001	0,3404	0,3283	0,0685

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes, TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS, CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS, <sup>2</sup>L\* = luminosidade, a\* = vermelhidão, b\* = amarelamento, chroma= saturação, <sup>3</sup>CV (%) = Coeficiente de variação, <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média, <sup>5</sup>SD = Desvio Padrão. <sup>a,b</sup>Diferentes sobrescritos na coluna significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ), *p*-valor = (\* $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$  e \*\*\*  $P < 0,001$ ).

**Tabela 4.** Atividade sequestradora de radicais livres pelos ensaios, DPPH· (IC50 mg/mg) e ABTS+ ( $\mu\text{M}$  equivalente Trolox /mg) e valores médios da oxidação lipídica (mg MDA /kg), oxidação proteica (nmol de proteína carbonilada /mg) e durante o armazenamento (0, 30, 60, , 90 e 120 dias, - 18°C) de hambúrgueres da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Tratamento	Armazenamento	DPPH	ABTS	TBARS	DNPH
CON	0	431,68	261,55	1,25b	1,15b
	30	416,11	263,96	2,36a	0,42c
	60	419,23	260,77	2,36a	0,46c
	90	395,87	260,24	2,19a	1,65a
	120	431,86	257,55	1,97ab	0,11d
TIM	0	360,51b	250,74	0,84c	0,51b
	30	375,29ab	253,30	1,59b	0,41b
	60	364,04ab	257,18	1,58bc	0,48b
	90	373,98ab	259,93	1,45bc	1,28a
	120	399,09a	263,10	3,31a	0,13c
CAR	0	364,59b	256,56	0,88b	1,43a
	30	394,76ab	254,17	1,59ab	0,43b
	60	381,77b	264,68	1,31ab	0,59b
	90	399,49ab	259,04	1,29ab	1,48a
	120	420,26a	263,49	2,00a	0,09c
CV (%)		3,95	2,39	18,20	10,12
EPM		9,00	3,58	0,182	0,041
<i>p</i> -valor					
Tratamento (Tr)		< 0,0001	0,2195	< 0,0001	< 0,0001
Armazenamento (Ar)		< 0,0003	0,3338	< 0,0001	< 0,0001
Tr x Ar		0,2270	0,2608	< 0,0001	< 0,0001

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes, TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS, CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS, <sup>2</sup>TBARS = (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) valores em mg MAD/ kg, DNPH (2,4 dinitrofenilhidrazina) = mmol de carbonila /mg proteína; DPPH· (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) = valores em IC50 mg/mg, ABTS+ [2,2'-azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] = valores em mg TROLOX/ mg, <sup>3</sup>CV (%) = Coeficiente de variação, <sup>4</sup>EPM = erro padrão da média, <sup>5</sup>SD = Desvio Padrão. <sup>a,b</sup> Diferentes letras na coluna significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ),  $p$ -valor = (\* $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$  e \*\*\*  $P < 0,001$ ).

**Tabela 5.** Valores médios da concentração de ácidos graxos dos hambúrgueres da carne da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Parâmetros	Tratamento <sup>1</sup>			DMS <sup>2</sup>	Armazenamento		DMS	EPM <sup>3</sup>	CV (%) <sup>4</sup>	<i>p</i> -valor <sup>5</sup>		
	COM	TIM	CAR		0	120				Tr	Ar	Tr x Ar
Ácidos graxos saturados (SFA)	43,650a	39,785b	42,705a	1,91	42,27	41,83	1,24	0,623	2,098	0,002**	0,4176	0,0009**
Ácidos graxos monoinsaturados (MUFA)	45,057b	47,612a	47,785a	1,38	47,535a	46,101b	0,9	0,451	1,36	0,0016**	0,0081**	0,0004**
Ácidos graxos poli-insaturados (PUFA)	5,490a	5,140b	5,24ab	0,31	4,996b	5,585a	0,26	0,103	2,75	0,036*	0,0004**	0,0007**
MUFA/SFA	1,032c	1,199a	1,119b	0,05	1,13	1,01	0,034	0,017	2,165	0,0002**	0,079	0,022*
PUFA/SFA	0,126	0,129	0,122	0,01	0,118b	0,133a	0,008	0,004	4,69	0,3342	0,0046**	0,0947
MUFA/ PUFA	8,201b	9,313a	9,250a	0,86	9,589a	8,254b	0,557	0,278	4,42	0,0122*	0,0011**	0,1369
Ômega 3 (n3)	3,962a	3,555b	3,660b	0,296	3,461b	3,990a	0,192	0,965	3,664	0,0135*	0,0005**	0,0006**
Ômega 6 (n6)	1,512b	1,607a	1,587ab	0,059	1,56	1,57	0,059	0,029	2,697	0,0424*	0,4815	0,0127*
n6:n3	0,382b	0,456a	0,449a	0,052	0,462a	0,397b	0,034	0,0172	5,678	0,0096**	0,0036**	0,0013**
Ácidos graxos saturados												
Cáprico, C10:0	0,127b	0,152a	0,107b	0,243	0,113b	0,145a	0,0158	0,007	8,655	0,0038**	0,0027**	0,0038**
Láurico, C12:0	0,132	0,125	0,137	0,0217	0,110b	0,153a	0,0141	0,007	7,594	0,2804	0,0003**	0,0065**
Margarico, C17:0	1,857a	1,730ab	1,570b	0,169	1,661b	1,776a	0,11	0,055	4,5461	0,005**	0,0436*	0,1878
Mirístico, C14:0	2,812b	3,170a	2,927b	0,128	3,0450a	2,895b	0,083	0,041	1,996	0,0004**	0,0047**	0,0085**
Pentadecanoico, C15:0	0,630b	0,642b	0,695a	0,05	0,703a	0,608b	0,032	0,016	3,548	0,016*	0,0004**	.0001**
Palmitico, C16:0	25,062a	21,542b	22,780b	1,461	23,490	22,766	0,951	0,476	2,911	0,0009**	0,112	0,711
Eicosanoico, C20	0,312a	0,240b	0,250b	0,03	0,278a	0,256b	0,019	0,01	5,175	0,0006**	0,0351*	<.0001**
Eteárico, C18:0	12,715b	12,182b	14,237a	0,884	12,866	13,223	0,575	0,288	3,124	0,001**	0,18	<.0001**
Ácidos graxos monoinsaturados												
Palmitoleico, C17:0	2,865a	3,017a	2,560b	0,249	2,861	2,766	0,162	0,081	4,078	0,003**	0,201	0,961

## Continuação da Tabela 5

Miristoleico, C14:0	0,2650	0,2800	0,2520	0,0520	0,2760	0,2550	0,0330	0,016	9,0200	0,335	0,168	0,111
Oleico, C18:1n9	41,927b	44,315a	44,972a	1,47	44,396a	43,080b	0,957	0,479	1,549	0,0017**	0,0151*	0,0005**
Ácidos graxos poli-insaturados												
Alpha-linolênico, C18:3n3	0,525	0,542	0,512	0,042	0,506b	0,546a	0,028	0,013	3,717	0,174	0,0122*	<.0001**
Alpha-linolenic, C18:2n6	3,962a	3,660b	3,555b	0,296	3,461b	3,990a	0,192	0,096	3,664	0,0135*	0,0005**	0,0006**
CLA (Ácido Linoleico conjugado)	0,2725b	0,280ab	0,330a	0,052	0,280	0,308	0,034	0,017	8,268	0,030*	0,090	0,388
11,14-Eicosadiênico, C20:2n6	0,260	0,302	0,292	0,046	0,281	0,288	0,030	0,015	7,443	0,067	0,605	0,033*
Araquidônico, C20:4n6	0,470	0,460	0,447	0,034	0,466	0,451	0,022	0,010	3,385	0,203	0,146	<.0001**

<sup>1</sup>CON = sem inclusão de compostos antioxidantes, TIM = com inclusão de 300mg timol/kg MS, CAR = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS, <sup>2</sup>DMS = diferença mínima significativa, <sup>3</sup>EPM = erro padrão da média, <sup>4</sup>CV (%) = Coeficiente de variação, <sup>5</sup>Tr = tratamento, Ar = armazenamento, <sup>a,b</sup> Diferentes letras na coluna significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ),  $p$ -valor = (\* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$  e \*\*\* $P < 0,001$ ).

**Tabela 6.** Análise sensorial de hambúrgueres da carne da paleta de cabritos ½ Boer-Saanen não suplementados (CON) ou suplementados com dois compostos antioxidantes na dieta, Timol (TIM) ou Carvacrol (CAR) (300 mg/kg de MS).

Item	Tratamentos <sup>1</sup>			DMS <sup>2</sup>	Julgadores		DMS	CV% <sup>3</sup>	EPM <sup>4</sup>
	CON	TIM	CAR		Masculino	Feminino			
Cor	6,52	6,70	6,36	0,74	6,29	6,41	0,50	25,79	0,32
Aroma	6,52	6,94	6,63	0,74	6,87	6,52	0,50	24,37	0,31
Textura	6,50	7,05	6,74	0,7	6,90	6,63	0,48	22,92	0,30
Sabor	6,71	7,35	6,77	0,74	6,83	7,06	0,51	23,70	0,32
Impressão global	6,68	7,31	6,90	0,68	6,98	6,95	0,46	21,62	0,29
Intensão de compra	3,45b	4,06a	3,76ab	0,45	3,81	3,70	0,30	26,35	0,19

<sup>1</sup>Controle (CON) = sem inclusão de compostos antioxidantes, Timol (TIM) = com inclusão de 300mg timol/kg MS, Carvacrol (CAR) = com inclusão de 300mg carvacrol/kg MS, <sup>2</sup>DMS = Diferença mínima significativa; <sup>3</sup>CV (%) = Coeficiente de variação, <sup>4</sup>EPM = Erro padrão da média, <sup>a,b</sup> Diferentes letras na coluna significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ).