UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

YULI ANDREA PEÑA BERMUDEZ

Inclusão do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) em dietas de ovinos: efeito na atividade antioxidante e na qualidade da carne

Pirassununga-SP
2020

YULI ANDREA PEÑA BERMUDEZ

Inclusão do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) em dietas de ovinos: efeito na atividade antioxidante e na qualidade da carne

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Ives Cláudio da Silva Bueno

Pirassununga-SP

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP, com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P397i

Peña - Bermudez, Yuli Andrea
Inclusão do extrato de erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hilaire) em dietas de ovinos: Efeito na atividade antioxidante e na qualidade da carne / Yuli Andrea Peña - Bermudez ; orientador Ives Cláudio Da Silva Bueno . -- Pirassununga, 2020.
126 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Qualidade de Carne. 2. Antioxidante Natural. 3. Estabilidade oxidativa . 4. Composição . 5. Composto Fenólico. I. Da Silva Bueno , Ives Cláudio , orient. II. Título.

Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - o autor

YULI ANDREA PEÑA BERMUDEZ

Inclusão do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) em dietas de ovinos: efeito na atividade antioxidante e na qualidade da carne

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Data de aprovação: ____/____/_____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ives Cláudio da Silva Bueno_____

Instituição: FZEA/USP_____

Presidente da Banca Examinadora

Profa. Dra. Angélica Simone Cravo Pereira_____

Instituição FMVZ/USP_____

Profa. Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo _____

Instituição ESALQ/USP_____

Prof. Dr. Rafael Silvio Bonilha Pinheiro_____

Instituição UNESP_____

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "INCLUSÃO DE EXTRATO DE ERVA MATE NA DIETA DE TERMINAÇÃO PARA CORDEIRO: EFEITOS NA METANOGÊNESE E NA QUALIDADE DA CAR", protocolada sob o CEUA nº 3497040618, sob a responsabilidade de **Ives Cláudio da Silva Bueno** *e equipe; Richard Roberto Lobo; Yuli Andrea Peña Bermudez* - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP (CEUA/FZEA) na reunião de 17/10/2018.

We certify that the proposal "INCLUSION OF YERBA-MATE EXTRACT IN LAMB FINISHING DIET: EFFECTS ON METHANOGENESIS AND MEAT QUALITY", utilizing 36 Ovines (36 males), protocol number CEUA 3497040618, under the responsibility of **Ives Cláudio da Silva Bueno** *and team; Richard Roberto Lobo; Yuli Andrea Peña Bermudez* - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Animal Science and Food Engineering - (São Paulo University) (CEUA/FZEA) in the meeting of 10/17/2018.

Finalidade da Proposta: Pesquisa (Acadêmica)

Vigência da Proposta: de 07/2018 a 12/2019 Área: Zootecnia

Origem:	Animais de proprietários						
Espécie:	Ovinos	sexo:	Machos	idade:	2 a 3 meses	N:	36
Linhagem:	Raça de corte			Peso:	20 a 25 kg		

Resumo: No Brasil, a ovinocultura de corte vem crescendo gradativamente ao decorrer dos anos. Essa atividade é extremamente importante, pois os animais conseguem se adaptar muito bem em diferentes condições edafoclimáticas, e nosso país, pelas condições presentes, tem uma enorme chance de chegar entre os principais países produtores de carne ovina. Os ruminantes como um todo são animais que produzem quantidades significativas de gases do efeito estufa através da fermentação ruminal, e que podem provocar mudanças climáticas graves no planeta, portanto existe uma grande preocupação quanto à mitigação desses gases aliada a um incremento na produção. Além de fatores ambientais, o produtor procura alguns sistemas de produção que agreguem valor ao seu produto, e a substituição de aditivos químicos por algo mais natural é extremamente desejado. Quando realizada a inclusão de extrato de erva mate na dieta de bovinos, os animais produzem carne com maior maciez e com uma composição que pode impedir o desenvolvimento de doenças degenerativas, como o câncer colorretal, mas será que essas características também serão observadas em ovinos? Portanto, o presente projeto irá verificar a eficácia do extrato de erva mate quanto a modulação da microbiota ruminal e a sua consequente produção de gases, além de realizar testes de qualidade de carne, perfil de metabólitos e estabilidade oxidativa. Espera-se que a inclusão de extrato de erva-mate module a fermentação ruminal, de forma a modificar a microbiota assim reduzindo a produção de gases, concomitantemente é esperado que o extrato gere efeitos positivos quanto a estabilidade da carne e auxilie na formação de antioxidantes endógenos, que consequentemente irá reduzir os riscos à saúde do consumidor e não cause prejuízos a saúde do animal.

Local do experimento: O experimento in vitro será conduzido no Laboratório de Fermentabilidade Ruminal (LFR) do Departamento de Zootecnia (ZAZ) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), para tal, os doadores de conteúdo ruminal para esta fase experimental serão 8 bovinos machos fistulados do ZAZ/FZEA/USP. A segunda etapa será realizada no Galpão de metabolismo de Responsabilidade do Prof. Dr. Marcus Antonio Zanetti, onde serão confinados individualmente 36 ovinos em gaiolas metabólicas de 60 cm de largura por 110 cm de comprimento, o que permitirá que os animais possam desenvolver todos os comportamentos naturais, como alimentar-se, deitar, ruminar, dormir, etc. O abate será realizado no Abatedouro Escola da FZEA e as análises qualitativas de carne, as análises de metabolômica e metagenômica serão desenvolvidas em parcerias com a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (Unesp), Instituto de Química de São Carlos (USP) e da Embrapa Pecuária Sudeste, respectivamente.

Pirassununga, 31 de outubro de 2018

Av. Duque de Caxias Norte, 225 - CEP 13635-900 Pirassununga/SP - tel: 55 (19) 3565 6759 / fax:
Horário de atendimento: 2ª a 6ª das 13h30 as 17h : e-mail: cepfzea@usp.br

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA

Profa. Dra. Daniele dos Santos Martins
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Profa. Dra. Cristiane Gonçalves Titto
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Av. Duque de Caxias Norte, 225 - CEP 13635-900 Pirassununga/SP - tel: 55 (19) 3565 6759 / fax:
Horário de atendimento: 2ª a 6ª das 13h30 as 17h : e-mail: cepfzea@usp.br

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito antioxidante natural do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), adicionada em dietas de cordeiros em terminação sobre qualidade e conservação da carne.

Pesquisador: IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO
Área Temática:
Versão: 3

CAAE: *97525118.4.0000.5422*

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.934.498

Apresentação do Projeto:

Projeto bem apresentado, com informações gerais sobre a pesquisa (confinamento de ovinos) e posterior análise de carne e qualidade.

Objetivo da Pesquisa:

A pesquisa irá avaliar o uso do extrato de erva-mate como antioxidante natural sobre a qualidade de carne e vida útil em dois tempos (3 e 6 dias), verificando sua atuação no músculo *Longissimus dorsi* sob diferentes tempos de maturação, avaliando sua aceitação sensorial.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Há riscos de contaminação da carne, porém medidas de Boas Práticas de Fabricação serão tomadas para evitar a contaminação.
Não há benefícios diretos ao participante.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é adequada e a metodologia utilizada para análise sensorial é detalhada no projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE apresentado possui todos os pontos de elucidação necessários.

Recomendações:

nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

nenhuma

Considerações Finais a critério do CEP:

Este CEPH FZEA aprova o desenvolvimento do projeto a partir desta data.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1175712.pdf	02/10/2018 12:01:08		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO.pdf	02/10/2018 11:59:31	IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	02/10/2018 11:58:45	IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_yuli.pdf	30/07/2018 13:13:14	IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracoes_dos_pesquisadores.pdf	30/07/2018 13:11:25	IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO	Aceito
Orçamento	orcamentos.pdf	30/07/2018 13:10:55	IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTRO_OK.pdf	30/07/2018 13:10:03	IVES CLAUDIO DA SILVA BUENO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PIRASSUNUNGA, 03 de outubro de 2018

Assinado por:

Judite das Graças Lapa Guimarães

(Coordenador(a)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Ligia e Efrain e minhas irmãs Marcela e Paola, por todo seu apoio e dedicação. Obrigada pela compreensão, pela paciência, pelo amor e por todos os valores que me ensinaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a vida por guiar meu caminho, pelas oportunidades e pessoas que me levaram a estar no Brasil. Por permitir-me abrir meus olhos e entender que existem caminhos diferentes para cumprir nossos sonhos, e que "*caminhando em linha reta não posso chegar muito longe*" (Antoine de Saint-Exupéry).

Agradeço ao meus pais pela educação, o constante apoio a minhas decisões, pela constância e persistência que me ensinaram, sei que se não fosse assim não teria chegado neste ponto. Só tenho agradecimentos a vocês!!

Às minhas irmãs Marcela e Paola, por seu apoio e compreensão nos momentos difíceis.

À minha sobrinha Carla, por me fazer querer ser sempre uma melhor pessoa.

Ao meu namorado Danny, por toda a paciência, ajuda e companheirismo que me brindou durante esta etapa na minha vida. Obrigada pelo carinho e amor.

Aos meus queridos amigos Stella e Ronnal, por sempre acreditarem em mim, nos meus sonhos e que apesar da distância sempre estiveram comigo.

Ao meu amigo Daniel, quem sempre desde a distância teve um conselho, uma palavra de apoio e fortaleza nos momentos difíceis. Muito obrigada!

À minha Família Brasileira, o Gonçalo da Silva Junior e a Silvana Pagotto, pelo grande apoio desde minha primeira vinda para o Brasil e por todo esse carinho que brindaram para mim. Abraço a vocês.

À Danny, Pri, Rafaela, Richard, Carol, Jamanta, Leticia, Pipoca e Annelise por toda ajuda durante o experimento, sem sua ajuda não teria sido possível desenvolver o confinamento.

A profª. Catarina Abdalla Gomide, pela compreensão e apoio nos momentos difíceis.

Aos funcionários da FZEA, Dione e Ricardinho obrigada pela ajuda!

À Profª. Angélica Simone Cravo Pereira, e a todo pessoal do LCC, pela orientação, apoio e ajuda frente a todas as dúvidas nas análises.

À Tamyres pela ajuda incondicional nas análises e pelas longas horas de trabalho.

À Dra. Mirele Poleti pela contínua contribuição, e disposição no processo das análises e na escrita dos artigos.

A Marzieh Kadivar, pela grande ajuda na aprendizagem da língua inglesa e seu apoio constante.

Ao Gustavo Lineu, pela sua ajuda e contribuição constante na melhora da escrita da língua portuguesa na presente dissertação.

À Rafaela Scalice, por sua grande ajuda na melhora da escrita da língua portuguesa.

Um agradecimento especial ao Prof. Ives Claudio da Silva Bueno, por aceitar me orientar e me permitir estar na sua equipe de trabalho, agradeço a atenção e toda ajuda que tive neste período. Muito obrigada pela oportunidade e pelos valiosos conselhos.

Aos membros da banca examinadora, a professora Carmen Josefina Contreras Castillo, a professora Angélica Simone Cravo Pereira e ao professor Rafael Silvio Bonilha Pinheiro por aceitarem o convite.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio financeiro ao projeto (#2018/10308-6).

A todos que não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para a conclusão de esta etapa.

Obrigada por tudo!!

“Los seres humanos no nacen para siempre el día en que sus madres los alumbran, sino que la vida los obliga a parirse a sí mismos una y otra vez”

(Gabriel García Márquez)

“Nunca desista de um sonho, apenas tente ver os sinais que o levam a isso”

(Paulo Coelho)

RESUMO

PEÑA BERMUDEZ, Y. A. **Inclusão do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire), em dietas de ovinos: efeito na atividade antioxidante e na qualidade da carne**. 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) (YME) adicionado em dietas de ovinos, sobre a atividade antioxidante, qualidade, composição e conservação da carne. As amostras foram coletadas do músculo *Longissimus thoracis* (LT) na desossa da carcaça de 36 cordeiros provenientes de confinamento experimental constituído por 4 dietas com níveis de YME, tendo um grupo controle sem YME (0%) e três dietas com 1, 2 e 4% de YME. O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira, um grupo de seis bifes foram expostos em um balcão expositor, simulando vida de prateleira por 0, 3 e 6 dias a 4 ± 2˚C. Nestes tempos foram feitas análises de pH, cor, enzimas antioxidantes, oxidação de lipídios e proteínas. Na segunda etapa foram mensurados em cinco bifes pH, cor, lipídios totais, perfil de ácidos graxos e análise sensorial. Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do SAS 9.4, com nível de significância a 5%. Na avaliação da vida de prateleira, o uso do extrato na dieta animal alterou a coloração da carne amarelo (b*) e o croma (C*) ($P \leq 0,05$). Os valores de pH, cor, ácido tiobarbitúrico (TBARS) e carbonilas foram influenciados pelo tempo de exposição ($P \leq 0,0256$). No entanto, a dieta não influenciou a atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), glutationa peroxidase (GPX) e glutationa reduzida (GSH) na carne. Na segunda etapa os resultados mostraram que a incorporação de YME na dieta de cordeiros não afetou negativamente as características físico-químicas da carne e a concentração de lipídios totais ($P \geq 0,0752$). Da mesma forma, o perfil de ácidos graxos (PAG) não foi alterado pela adição de YME ($P \geq 0,1360$). Somente os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) foram afetados pela dieta com 4% de extrato YEM ($P = 0,0092$). No teste da análise sensorial, a maciez foi maior para o grupo com 2% de YME ($P = 0,0088$). Por fim, inclusões de 2 e 4% do YME mostraram resultados relevantes na luminosidade,

estabilidade da cor na carne e na concentração de AGCR, sem aumentar os valores de peroxidação lipídica.

Palavras-chave: análise sensorial; estabilidade oxidativa; extrato natural; oxidação de proteínas; vida de prateleira; saúde humana.

ABSTRACT

PEÑA BERMUDEZ, Y. A. **Inclusion of yerba mate extract (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire), in lamb's diets: effect on antioxidant activity and meat quality.** 2020. 126 f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

This study was carried with the objective of evaluating the effect of the extract of yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) (YME) added in lamb diets, on the antioxidant activity, quality, composition, and conservation of meat. The samples were collected from the *Longissimus thoracis* (LT) muscle when boning carcasses of 36 lambs from an experimental feedlot with 4 diets with YME levels, having a control group without YME (0%) and three diets with 1, 2 and 4% YME. The experiment was divided into two stages in the first one a group of six steaks, were exposed on a counter, simulating shelf life for 0, 3 and 6 days at 4 ± 2°C, at that time analyzes of pH, color, antioxidant enzymes, oxidation of lipids and proteins. In the second stage, pH, color, total lipids, fatty acid profile and sensory analysis were measured in five steaks. Data were analyzed with the model MIXED of SAS 9.4, with a 5% of significance level. In the shelf life evaluation, the use of the extract in the animal diet affect the color of the yellow meat (b*) and the chroma (C*) ($P \leq 0.05$). The pH, color, thiobarbituric acid (TBARS), and carbonyl values were influenced by the exposure time ($P \leq 0.0256$). However, the diet did not influence the activity of the antioxidant enzymes catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPX), and reduced glutathione (GSH) in meat. In the second stage, the results showed that the incorporation of YME in the lamb's diet did not negatively affect the physical-chemical characteristics of the meat and the concentration of total lipids ($P \geq 0.0752$). Likewise, fatty acid profile (FA) was not altered by the addition of YME ($P \geq 0.1360$); only branched-chain fatty acids (BCFA) were affected by the diet with 4% extract ($P = 0.0092$). In the sensory analysis test, softness was greater for the group with 2% YME ($P = 0.0088$). Inclusions of 2 and 4% of the YME showed relevant results in the luminosity, color stability in the meat and in the concentration of BCFA, without increasing the lipid peroxidation values.

Keywords: shelf life, human health, natural extract, oxidative stability, protein oxidation, sensory analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organização da dissertação 26
Figura 2 - Classificação dos ácidos fenólicos 29
Figura 3 - Estrutura geral dos flavonóides 31
Figura 4 - Biossíntese de ácido linoleico conjugado (CLA) 38
Figura 5- Fatores que afetam a cor da carne fresca 42
Figura 6 - Relação entre o estado da mioglobina e a cor da carne 43
Figura 7 - Processo de oxidação lipídica de ácidos graxos insaturados 46
Figura 8 - Processo de oxidação das proteínas 48
Figura 9 - Efeito da inclusão do YME no parâmetro b* durante o tempo de exibição no varejo. 73
Figura 10 - Efeito da inclusão de YME nos valores de oxidação lipídica do músculo Longissimus thoracis em diferentes tempos de exibição de varejo expressos em mg malonaldeído (MDA) / kg 75
Figura 11- Efeito da inclusão do YME sobre os valores de intensidade de amarelo (b*) 102
Figura 12 - Efeito da inclusão do YME sobre os valores ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) 107
Figura 13 - Efeito da inclusão do YME na avaliação sensorial da maciez 108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 **-** Ingredientes e composição química das dietas experimentais..... 67
Tabela 2 - Efeito do tratamento com YME e do tempo de armazenamento na estabilidade física do músculo Longissimus thoracis de cordeiros 74
Tabela 3 - Efeito da suplementação com extrato de erva-mate (YME) no status antioxidante de cordeiros 76
Tabela 4 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais..... 94
Tabela 5 **-** Efeito da inclusão de YME no peso corporal ao abate e na estabilidade física do músculo *Longíssimus thoracis* de cordeiros..... 101
Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros alimentados com diferentes níveis de YME 104
Tabela 7 – Relações do Perfil de ácidos graxos (% metil éster quantificado) de cordeiros alimentados com diferentes níveis de YME 106
Tabela 8 - Teste de aceitação do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de extrato de erva-mate..... 108

SUMÁRIO

CAPÍTULO I **22**

1 INTRODUÇÃO GERAL **22**

1.2 OBJETIVOS **24**

1.2.1 Objetivo geral 24

1.2.2 Objetivos específicos 24

1.4 REVISÃO DE LITERATURA **27**

1.4.1 Antioxidantes 27

1.4.2 Antioxidantes naturais na alimentação animal e na conservação da carne 28

1.4.3 Erva-mate 32

1.5 Composição e valor nutricional da carne 35

1.5.2 Ácidos graxos e processo de biohidrogenação 36

1.6 Parâmetros de qualidade da carne 40

1.7 Processo oxidativo 44

1.6.1 Oxidação de lipídios 45

1.6.2 Oxidação das proteínas 47

1.8 Sistema de defesa antioxidante 49

REFERÊNCIAS **51**

EFEITOS DA ALIMENTAÇÃO EM NÍVEIS CRESCENTES DE ERVA-MATE NA QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIRO E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE **61**

RESUMO **61**

ABSTRACT **62**

2.1 INTRODUÇÃO **63**

2.2.1 Dietas, desenho experimental e manejo animal 65

2.2.2 Análise química 66

2.2. 3 Abate, amostragem e armazenamento 68
2.2.4 Análises da carne 69
2.2.4.1 Mensuração de pH e cor instrumental 69
2.2.4.2 Oxidação de lipídica e de proteínas 70
2.2.4.3 Atividade de enzimas antioxidantes 70
2.2.5 Análise estatística 71
2.3 RESULTADOS 72
2.3.1 pH e cor instrumental 72
2.3.2 Oxidação de lipídios e proteínas 75
2.3.3 Enzimas antioxidantes 76
2.4 DISCUSSÃO 76
2.4.1 pH e cor instrumental 76
2.4.2 Oxidação de lipídios e proteínas 78
2.4.3. Enzimas antioxidantes 80
2.5 CONCLUSÃO 81
REFERÊNCIAS 82
CAPÍTULO III 88
EXTRATO DE ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS: EFEITO NO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DA CARNE 88
RESUMO 88
ABSTRACT 89
3.1 INTRODUÇÃO 90
3.2 MATERIAL E MÉTODOS 92
3.2.1 Animais e manejo 92

3.2.2 Preparação das dietas 93

3.2.3 Análise da dieta 93

3.2.4 Coleta de amostras 95

3.2.5.1 pH e cor instrumental 96

3.2.5.2 Determinação de lipídios totais 96

3.2.5.3 Perfil de ácidos graxos 97

3.2.6 Análise sensorial 98

3.2.7 Análise estatística 99

3.3 RESULTADOS 100

3.3.1 pH e cor instrumental 100

3.3.2. Lipídios totais 102

3.3.3 Perfil de ácidos graxos 102

3.3.4 Análise sensorial 107

3.4. DISCUSSÃO 109

3.4.1 pH e cor instrumental 109

3.4.2 Lipídios totais 110

3.4.3 Perfil de ácidos graxos 111

3.4.4 Análise sensorial 114

3.5 CONCLUSÃO 115

REFERÊNCIAS 115

CAPITULO IV 123

CONSIDERAÇÕES FINAIS 123

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

A ovinocultura no Brasil é uma importante atividade do agronegócio que tem apresentado diversificação e crescimento ao longo do tempo (MARTINS et al., 2016). De acordo com os dados do IBGE (2012) o Brasil esteve entre os vinte maiores produtores de carne ovina do mundo e possuía um efetivo anual de 16,7 milhões de animais, com um consumo *per capita* anual de 400g/pessoa. No entanto, para o ano de 2018 o rebanho efetivo passou para 18,9 milhões de ovinos, incrementado 11,4% neste período. Entretanto, apesar deste crescimento do rebanho efetivo, o consumo *per capita* de carne ovina por pessoa não aumentou (IBGE, 2020).

Resultados de uma pesquisa divulgados recentemente pela Embrapa (2018) demonstraram que 12% dos consumidores no Brasil nunca sequer experimentaram a proteína oriunda de ovelhas, carneiros ou cordeiros. Considerando a extensão territorial do Brasil, a proporção do rebanho ovino torna-se pequena quando comparada com o rebanho de bovinos com 213,5 milhões de animais, o de suínos com 41,4 milhões de animais (IBGE, 2020), exibindo assim o potencial de crescimento para este setor no Brasil.

Siqueira (2002) afirmou que o Brasil tem potencial de desenvolvimento no mercado da carne ovina. Não obstante, há uma série de problemas que se interpõem à expansão desta atividade, sendo a baixa qualidade dos produtos ofertados como é o caso da carne e leite, o resultado da pouca tecnificação e padronização, gerados pela heterogeneidade nos sistemas de produção. Problemas que prejudicam o abastecimento do mercado interno e, consequentemente, a expansão do sistema produtivo.

Neste sentido, pesquisadores da indústria animal têm direcionado esforços para identificar os fatores que podem influenciar na qualidade da carne, como: alimentação, idade, sexo, genética do animal, tipo de abate e o manejo da carcaça. Vieira (2010)

reiterou que o produtor tem que se aperfeiçoar cada vez mais para oferecer ao mercado um produto de melhor qualidade, desde o ponto de vista físico-químico, como sensorial.

Uma vez que as pessoas têm alterado os hábitos de consumo, de modo geral, deixando de preocupar-se com a quantidade consumida e optando pela qualidade dos produtos. Há também uma maior preocupação por hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis (WANG et al., 2018). Nesse sentido, manter a qualidade na produção animal é de grande importância para a obtenção de um produto que satisfaça a demanda do consumidor por aparência e composição (MONTOSSI et al., 2013). A carne é fortemente influenciada durante o processo de armazenamento pela deterioração microbiológica e oxidação de seus compostos, portanto sua conservação torna-se de vital importância (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996) posto que, pode gerar grandes perdas econômicas.

Nesse ponto, os antioxidantes, substâncias naturais ou sintéticas, são usados para atrasar o processo oxidativo de biomoléculas, facilmente oxidáveis como é o caso dos lipídios e das proteínas (BENDER, 1992). Os mais utilizados são os de natureza sintética, podendo ser aplicados diretamente sobre os produtos cárneos. No entanto, o uso destes antioxidantes tem sido associado com repercussões negativas na saúde humana ao longo prazo (KÖKSAL; GÜLÇIN, 2008).

A alteração do hábito de consumo e a preocupação por parte dos consumidores têm propiciado desenvolvimento de pesquisas baseadas no uso de compostos naturais em dietas de animais como alternativa aos compostos sintéticos. Com este intuito, estão sendo utilizadas principalmente substâncias ativas presentes em plantas que contêm taninos, saponinas, óleos essenciais e compostos fenólicos (BRACESCO et al., 2011). Essas substâncias podem ser usadas diretamente ou em mistura com outros componentes da dieta fornecida aos animais. A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire), uma planta nativa da região sul do Brasil, amplamente consumida naquela região e em outros países da América do Sul, é considerada benéfica devido às suas propriedades antioxidantes pela presença de compostos fenólicos, principalmente ácidos

clorogênicos, que proporcionam menor incidência de doenças cardiovasculares e câncer (LUCIVÂNIA et al., 2012).

Na conservação de produtos alimentícios a erva-mate é usada para retardar a peroxidação lipídica (BASTOS et al., 2007). Não obstante, ao ser fornecida diretamente nas dietas dos animais pode-se incrementar a concentração antioxidante no sistema circulatório, os quais por sua vez podem ser depositados na carne (ZHONG et al., 2015). Contudo pode melhorar a atividade antioxidante, mantendo qualidades físico-químicas e características sensoriais prolongando assim, a vida útil (tempo de prateleira) deste tipo de produto.

1.1 HIPÓTESE

A hipótese deste estudo foi que a adição do extrato de erva-mate na alimentação de ovinos, dada a presença de compostos bioativos e antioxidantes na sua estrutura, melhora a composição, a qualidade sensorial e a atividade antioxidante da carne desses animais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) adicionado em dietas de ovinos, sobre a atividade antioxidante, qualidade, composição e conservação da carne.

1.2.2 Objetivos específicos

i. Avaliar o estado físico-químico do corte ovino *Longissimus thoracis* (LT), embalado em bandejas de poliestireno cobertos por filme plástico, simulando tempo de varejo;

ii. Quantificar a atuação do extrato de erva-mate (YME) como antioxidante natural sobre a estabilidade oxidativa de lipídios, proteínas e na atividade enzimática endógena a partir da estimativa dos valores de enzimas antioxidantes;

iii. Avaliar a composição do perfil de ácidos graxos e lipídios totais presentes no músculo LT e seu possível efeito sobre a saúde humana;

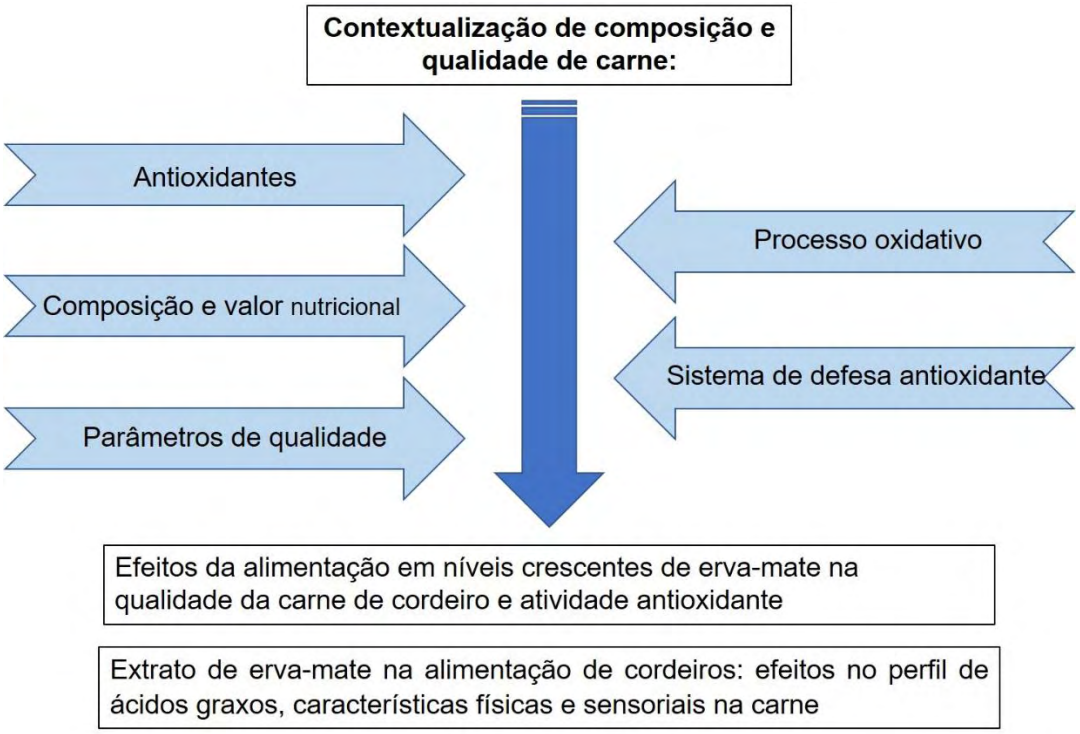
iv. Verificar aceitação sensorial do músculo LT dos animais alimentados com as dietas experimentais.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para facilitar a compreensão desta pesquisa, a dissertação foi organizada em formato de artigos e está composta por três capítulos. Neste primeiro capítulo, se apresentam a introdução geral, a revisão bibliográfica com a contextualização e a fundamentação dos assuntos de interesse, com foco em cinco itens principais: i) antioxidantes; ii) composição e valor nutricional da carne; iii) parâmetros de qualidade de carne; iv) processo oxidativo; v) sistema de defesa antioxidante. No segundo capítulo, é apresentado o primeiro artigo decorrente desta pesquisa, com os principais resultados obtidos na qualidade de carne e na atividade antioxidante após a suplementação com níveis crescentes de extrato de erva-mate em dietas de cordeiros.

No terceiro capítulo se apresenta o segundo artigo, no qual expõe os resultados obtidos na composição do perfil de ácidos graxos, lipídios totais e avaliação sensorial do músculo LT de cordeiros suplementados com diferentes níveis de inclusão do extrato de erva-mate. Nestes capítulos, além de expor os principais resultados se apresentam as conclusões e sugestões para futuras pesquisas. A Figura 1 demonstra a estrutura e as etapas desta dissertação.

Figura 1- Organização da dissertação



Fonte: Própria autoria.

1.4 REVISÃO DE LITERATURA

1.4.1 Antioxidantes

Os antioxidantes são moléculas capazes de inibir a oxidação de outras moléculas. Em termos de alimentos estes podem ser definidos como qualquer substância que se apresente em baixas concentrações. Quando comparada com o substrato oxidável, esta elimina os radicais livres e aumenta o prazo de validade, retardando o processo de peroxidação lipídica, o qual é uma das principais razões da deterioração dos alimentos no processamento e armazenamento (HALLIWELL, 1996; SIES, 1993). Os antioxidantes podem ser classificados segundo sua forma de ação: protetora em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, agentes quelantes e antioxidantes mistos:

- *Primários:* compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, por meio da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia (FRANKEL, 1996);

- *Sinergistas*: são substâncias com pouca ou nenhuma atividade antioxidante, mas, podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários atuando de maneira sinérgica com esses (RAMALHO; JORGE, 2011);

- *Removedores de oxigênio:* são compostos que atuam capturando o oxigênio presente no meio, através de reações químicas estáveis, tornando-os indisponíveis para atuar como propagadores de auto oxidação (FRANKEL, 1996);

- *Agentes quelantes:* são conhecidos como sequestrantes de íons metálicos complexos, principalmente cobre e ferro, que catalisam a oxidação lipídica (LABUZA; DUGAN, 1971); e

- *Mistos:* incluem compostos de plantas, que têm sido amplamente estudados como antioxidantes em alimentos, entre eles estão compostos fenólicos e derivados do ácido cinâmico (ácido cafeico) (FRANKEL, 1996).

Os antioxidantes sintetizados quimicamente são usados na indústria alimentícia com distintas concentrações para estabilizar os alimentos que contêm óleo, gordura e lipídios. Os mais utilizados são os compostos fenólicos sintéticos, como o butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno (BHT), o propil galato (PG) e a butilhidroquinona terciária (TBHQ); ou naturais, como substâncias bioativas tais como organosulfurados, fenólicos e terpenos, que fazem parte da constituição de diversos alimentos (SALAMI et al., 2016). Produtos como o BHA e o BHT por sua natureza sintética têm sido associados com potenciais efeitos tóxicos e carcinogênicos, por conseguinte, há um crescente interesse no estudo e uso de antioxidantes naturais, os quais podem ser mais seguros ao consumidor, sendo uma alternativa ao uso de antioxidantes sintéticos (KÖKSAL; GÜLÇIN, 2008; GÜLÇIN, 2012).

1.4.2 Antioxidantes naturais na alimentação animal e na conservação da carne

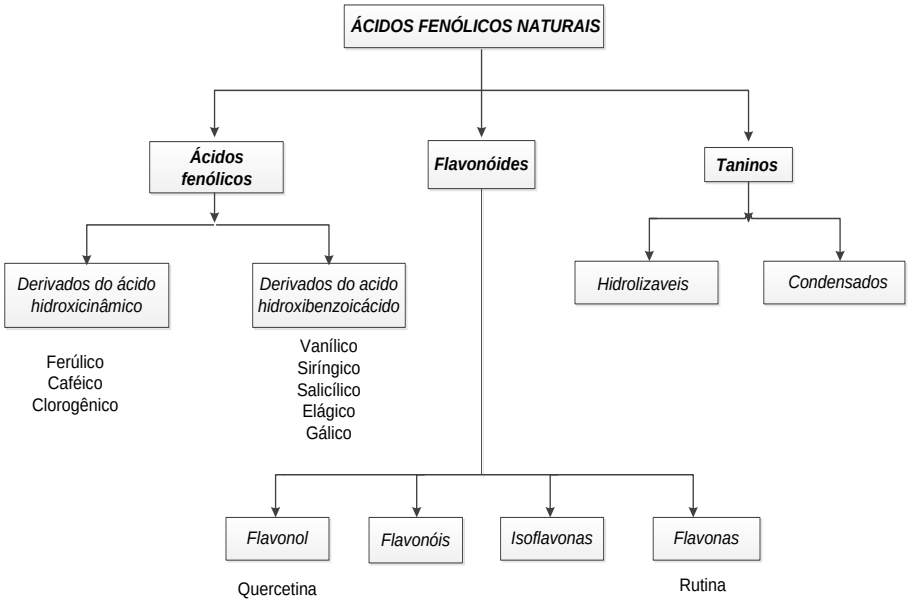
Os antioxidantes naturais têm sido sugeridos como uma melhor alternativa aos antioxidantes sintéticos para retardar o processo oxidativo dos alimentos. Além disso, diferentes pesquisas feitas nas últimas décadas (BEKHIT et al., 2003; KASAPIDOU et al., 2012; RIBEIRO et al., 2019) têm demonstrado a capacidade de estender a atividade antioxidante em ruminantes, afetando positivamente o bem-estar animal e a qualidade dos produtos oriundos destes, melhorando assim, a estabilidade oxidativa, as propriedades sensoriais e mantendo o valor nutricional dos produtos cárneos.

Várias fontes naturais têm sido estudadas nas últimas décadas devido ao alto teor de antioxidantes como frutas, chá, ervas, nozes, especiarias, vegetais, algas e até mesmo subprodutos da agroindústria foram avaliados (AGREGÁN et al., 2017). Os alimentos com propriedades de prevenir e/ou minimizar doenças crônicas não transmissíveis recebem a denominação de alimentos funcionais, contendo substâncias

bioativas, como, por exemplo, os ácidos fenólicos, destacando-se os flavonóides presentes nos taninos na erva-mate e nos óleos essenciais (BRACESCO et al., 2011). Estes aditivos tem a capacidade de incrementar os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) na dieta, alterando o processo de biohidrogenação (BH) no rúmen, aumentando as concentrações dos ácidos linoleico conjugado (CLA), vacênico e rumênico, os quais proporcionam benefícios para a saúde do consumidor (PRATA, 2014).

Os compostos fenólicos são classificados como antioxidantes primários, atuando principalmente como eliminadores de radicais livres, que atrasam ou inibem a etapa de iniciação ou interrompem a etapa de propagação da oxidação lipídica, diminuindo assim a formação de produtos de decomposição voláteis como, aldeídos e cetonas que causam ranço (NACZK; SHAHIDI, 2004). Estes ácidos fenólicos caracterizam-se por ter na sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxila, seu efeito antioxidante depende do número e da posição do grupo hidroxila, podendo ser simples ou polifenóis. Neste grupo destacam-se os flavonoides e os ácidos fenólicos, como os mais comuns de origem natural (BALANGE; BENJAKUL, 2009) que são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Classificação dos ácidos fenólicos



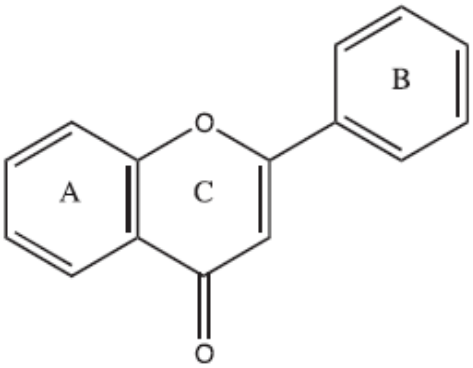
Fonte: Shahidi e Ambigaipalan, (2015) adaptado pelo autor.

Os ácidos fenólicos estão reunidos em dois grupos: o primeiro de derivados do ácido hidroxicinâmico, que são compostos fenólicos de ocorrência natural, possuindo um anel aromático com uma cadeia carbônica, constituída por três carbonos ligados ao anel, os ácidos p-cumárico, ferúlico e cafeico são os mais comuns (ANGELO; JORGE, 2007). Provavelmente, o ácido hidroxicinâmico mais conhecido é o ácido clorogênico, que são os ácidos cafeico e quínico combinados (NACZK; SHAHIDI, 2004). O segundo grupo de fenólicos são derivados do ácido hidroxibenzóico, compostos que possuem grupo carboxílico ligado ao anel aromático e destacam-se os ácidos vanílico, siríngico, gentísico, salicílico, elágico e gálico. Contrário dos hidroxicinamatos, os derivados do ácido hidroxibenzóico estão presentes principalmente nos alimentos na forma de glicosídeos, sendo assim os mais comuns na natureza (PADILHA, 2007).

Os flavonóides são difenilpropanos ciclizados comumente encontrados em plantas e, particularmente, em alimentos vegetais e representam aproximadamente dois terços dos fenóis da dieta (ROBBINS, 2003). Os membros da família imediata dos flavonóides incluem flavonas, flavonóis, isoflavonas, flavanonas, flavanol e antocianidina. Os derivados de flavonóides variam em sua estrutura em torno do anel heterocíclico de oxigênio, mas todos têm o esqueleto de carbono característico C6-C3-C6 (Figura 8) (SHAHIDI; NACZK, 2004).

De forma geral, todos os flavonóides são derivados do composto original 2-fenilcromona composto por três anéis fenólicos (A, B e C) apresentados na Figura 3. A atividade bioquímica dos flavonóides e seus metabólitos dependem de suas estruturas químicas e da orientação relativa de vários resíduos nas moléculas. As isoflavonas são encontradas principalmente na família das leguminosas, por outra parte as flavonas e flavonóis ocorrem como agliconas nos alimentos (HAN et al., 2009).

Figura 3 - Estrutura geral dos flavonóides



Fonte: Shahidi; Ambigaipalan, (2015)

A capacidade dos flavonóides de serem antioxidantes eficazes depende de três fatores: (i) o potencial quelante dos metais, que depende em grande parte da disponibilidade de hidroxila e do grupo carbonila que envolve a molécula, (ii) a presença de hidrogênio/elétron, dando-lhe a capacidade de reduzir os radicais livres e (iii) a capacidade do flavonóide de realocar o elétron ausente, levando à formação de um radical fenoxi estável (HAN et al., 2009).

Outro grupo importante dentro dos ácidos fenólicos, são os taninos os quais se dividem em dois grupos: os condensados e os hidrossolúveis. Os taninos condensados são oligômeros e polímeros de flavonóides, especificamente flavan-3-ols, enquanto os taninos hidrolisáveis são ácidos gálicos glicosilados (FERREIRA; SLADE, 2002). Os grupos fenólicos de taninos se ligam fortemente aos grupos -NH de peptídeos e proteínas, impedem sua hidrólise e digestão no estômago e, portanto, são conhecidos por serem de natureza antinutricional (NACZK; SHAHIDI, 2004). Os taninos são conhecidos por inibir a peroxidação lipídica e as lipoxigenases *in vitro*, e são capazes de eliminar radicais como hidroxila, superóxido e peroxila, que são conhecidos por serem importantes no estado pró-oxidante celular (GYAMFI; ANIYA, 2002).

1.4.3 Erva-mate

A busca por antioxidantes naturais tornou-se um importante tópico de pesquisa que levou à produção de estudos que relatam, em termos gerais, o conteúdo dos principais antioxidantes e sua atividade antioxidante (KUMAR et al., 2015). Um exemplo disto é a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire), uma planta perene da família *Aquifoliaceae*, nativa da região subtropical da América do Sul (BURRIS et al., 2011), amplamente disseminada e consumida no sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e Uruguai (HECK; DE MEJIA, 2007). Aproximadamente 80% da área de ocorrência da erva-mate pertencem ao Brasil, distribuindo-se entre os estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (RESENDE et al., 2015).

A erva-mate é processada a partir das folhas e caules pequenos, sendo uma bebida não alcoólica consumida socialmente nesses países, principalmente por seu teor de cafeína, pelo seu efeito estimulante (BRACESCO et al., 2011). Os produtos da erva-mate são predominantemente de compostos polifenólicos (ácido clorogênico) e xantinas (cafeína e teobromina), mas também de alcaloides de purina (ácido cafeico, ácido 3,4-dicaffelquínico e ácido 3,5-dicaffeoylquinic), flavonoides (rutina, quercetina), kaempferol (saponinas, polissacarídeos, proteínas, minerais) e vitaminas C, B1 e B2 (BASTOS et al., 2007; BURRIS et al., 2012; JAISWAL et al., 2010).

Estudos a respeito da sua composição, demostraram que contém notável quantidade de compostos fenólicos principalmente ácidos clorogênicos, aos quais são atribuídos efeitos antioxidantes, podendo ser capazes de combater radicais livres, tornando-se o principal apelo ao consumo da erva-mate, reduzindo a incidência de câncer e doenças cardiovasculares (LUCIVÂNIA et al., 2012).Os ácidos clorogênicos são radicais livres que sequestram metais, o que pode interferir com a captação de glicose, demonstrando modular a expressão gênica de enzimas antioxidantes (BRACESCO et al., 2011; JAISWAL et al., 2010). Atua também como inibidor da oxidação do DNA, lipoperoxidação *in vitro* de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e proliferação *in vitro* de células cancerígenas do cólon (HECK; DE MEJIA, 2007).

Na indústria alimentar, a erva-mate é utilizada como antioxidante natural, a fim de evitar a peroxidacão lipídica, uma das principais causas de deterioração e rejeição dos alimentos por parte dos consumidores (BASTOS et al., 2007; PEREIRA, 2014). Este composto bioativo na alimentação de animais pode incrementar a concentração de antioxidantes no sistema circulatório, os quais podem ser distribuídos e depositados na carne, aprimorando qualidade sensorial, nutricional e suculência (ZHONG et al., 2015). Consequentemente, o extrato de erva-mate apresenta extraordinárias possibilidades na formulação de nutracêuticos, conservantes alimentares, cosméticos etc. (GULLÓN et al., 2018), o que tem gerado um mercado crescente com a presença no mundo de produtos à base de erva-mate (BURRIS et al., 2012).

A erva-mate, tem sido frequentemente utilizada em estudos que visam melhorar a estabilidade oxidativa da carne de aves, como é o caso dos estudos de Racanicci et al. (2011) e Garcia et al. (2019). Em ruminantes, Celi e Robinson (2010) utilizaram o extrato da erva-mate na alimentação de bezerros de raça holandesa avaliando seu efeito sobre o desempenho. Os resultados deste estudo mostraram que a suplementação com o extrato teve efeitos significativos no estado metabólico e oxidativo, o que resultou em menor peso vivo (PV) no final do ensaio.

No estudo de Po et al. (2012) foram avaliados o extrato da erva-mate em dietas de ovelhas na terminação da etapa de gestação e pós-parto, para estabelecer o efeito que teria sobre o desempenho produtivo. Os autores verificaram que a inclusão de 2,5% da erva-mate na dieta, não afetou o peso ao nascimento como tampouco a taxa de crescimento dos cordeiros. Enquanto nas ovelhas, observou-se uma diminuição no consumo de ração e no PV durante as primeiras semanas pós-parto, apresentando-se um maior teor de gordura, proteína e sólidos totais de leite, além de um acréscimo no teor da lactose.

Vidal et al. (2014) testaram a qualidade da carne de bovinos da raça Nelore alimentados com dietas com níveis crescentes de erva-mate (0, 0,5, 1,0 e 1,5%),

avaliando cor, pH, capacidade de retenção de água, perdas por cocção e força de cisalhamento em diferentes tempos de armazenamento (0, 7, 14, 21 e 28 dias). Os resultados evidenciaram que a adição de erva-mate afetou a luminosidade, perdas por cozimento e parâmetros de força de cisalhamento, nos tempos avaliados. Finalmente, o tratamento que tinha 0,5% de extrato exibiu parâmetros de melhor qualidade de carne.

No estudo feito por Zawadzki et al. (2017) foram incluídos o extrato da erva-mate (0,5, 1,0 e 1,5%) na alimentação de bovinos de corte, avaliando parâmetros produtivos e de qualidade de carne. Mostrando que os parâmetros produtivos não foram afetados, mas, nas análises da carne foi observada uma maior presença total de CLA. Além disso, os animais alimentados com 1,0% de extrato apresentaram menores valores de força de cisalhamento, em comparação aos animais que receberam a dieta controle (0% de extrato da erva-mate). Por esta razão, de maneira geral, a carne teve melhor maciez e, portanto, maior aceitação por parte dos consumidores.

Barbato et al. (2019) estudaram o uso do extrato da erva-mate na alimentação de vacas leiteiras e observaram um incremento na produção de leite, além disso, a suplementação melhorou o balanço de redox, obtendo resultados similares aos descritos por Celi e Raadsma (2010).

Diante do exposto, pode-se observar que a erva-mate apresenta usos potenciais na alimentação animal na procura de oferecer produtos de melhor qualidade as pessoas. No entanto, a maioria dos estudos relatados foram dirigidos a avaliação de parâmetros produtivos em aves e ruminantes, poucos têm focado na área dos ovinos e muito menos na qualidade da carne destes animais. Por isso a premissa desta pesquisa foi avaliar os efeitos da erva-mate, sobre a qualidade, composição e atividade oxidante em carne ovina como alternativa para aprimorar produtos cárneos.

1.5 Composição e valor nutricional da carne

A carne é o resultado das contínuas transformações que ocorrem no músculo após o abate do animal (LUCIVÂNIA et al., 2012). A carne é considerada um alimento essencial na dieta humana, devido às suas características funcionais e ao valor biológico, fornecendo nutrientes de alta qualidade (ou seja, proteínas e gorduras) e micronutrientes essenciais, incluindo ferro, zinco e vitaminas B (BOADA; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ; LUZARDO, 2016). No entanto é um produto suscetível à oxidação, o que pode afetar a sua qualidade e a sua aceitação sensorial.

A carne ovina é composta por água (cerca de 73%), proteína (22%) e lipídios (5%), possui também muitas vitaminas e minerais, aminoácidos essenciais para a saúde humana (lisina, treonina, metionina, fenilalanina, triptofano, leucina, isoleucina e valina), e um baixo valor calórico (FERGUSON, 2010; PONNAMPALAM; HOLMAN; SCOLLAN, 2016). As proteínas da carne são originárias principalmente do tecido muscular e conjuntivo, podendo variar a sua concentração entre 18% e 22% (ALVES; GOES; MANCIO, 2005). As proteínas miofibrilares estão presentes em maior quantidade e são constituídas por filamentos grossos (actina, troponina, tropomiosina) e finos (miosina) para formar a miofibrila, organela que desempenha a função da contração muscular. Seguidas pelas proteínas sarcoplasmáticas, que constituem entre 30 e 35% a proteína total da musculatura esquelética, onde se encontra a mioglobina. Por último, as proteínas estomáticas que são conhecidas como proteínas do tecido conjuntivo e correspondem entre 10% e 15% da proteína do músculo esquelético, apresentando maior quantidade de colágeno e elastina na sua composição (SGARBIERI, 1996; FERGUSON, 2010).

A carne de ovina como carne vermelha, é uma fonte rica de ferro (Fe) na dieta dentro de um complexo heme (Fe) - contendo níveis comparativamente mais altos de Fe do que a carne bovina (PONNAMPALAM; HOLMAN; SCOLLAN, 2016). Os humanos precisam de ferro para evitar a anemia e a inibição de vários processos celulares - incluindo o transporte de oxigênio por todo o sistema cardiovascular. A carne ovina também é uma importante fonte de minerais, tais como: selênio, zinco, cálcio, magnésio,

cobre, fósforo e potássio, sendo todos essenciais para a saúde humana (PANNIER et al., 2014). A presença desses minerais não só contribui para benefícios da saúde nutricional, mas também desempenham papel relevante nas características sensoriais e da qualidade da carne (PONNAMPALAM; HOLMAN; SCOLLAN, 2016).

Os lipídios são um grupo heterogêneo composto por gorduras, óleos, esteróis e ceras, sendo insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos como éter e clorofórmio. Podem ser classificados em lipídios compostos, sendo o mais abundante os triglicerídeos, que têm função armazenadora de energia; os fosfolipídios fazem parte das membranas, apresentam grupos fosfato e amino-álcool, dentre outros. São formados por ácidos graxos e uma molécula de glicerol. Os lipídios simples que após a hidrólise não produzem ácidos graxos, fazendo parte os esteróis, derivados de ácidos graxos com função metabólica, como as prostaglandinas e, os isoprenóides que são as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (FERRÃO et al., 2009).

A gordura intramuscular na carne ovina é influenciada por fatores como peso ao abate, sexo, dieta, genótipo e músculo. Deste modo, a dieta apresenta influência direta sobre o perfil de ácidos graxos, afetando a textura, suculência e o sabor da carne (LUCIVÂNIA et al., 2012; GOIS et al., 2016). Devido a importância que tem a composição do perfil dos lipídios na carne, na saúde das pessoas, é necessário conhecer sua composição e compreender alguns processos biológicos que interferem neste processo.

1.5.2 Ácidos graxos e processo de biohidrogenação

Os ácidos graxos formam parte da estrutura da maioria dos lipídios e são compostos por cadeias que variam de 1 a 36 carbonos, proporcionando aos lipídios o caráter hidrofóbico (GOIS et al., 2016). Estudos desenvolvidos por Okeudo e Moss (2007) concluíram que os ácidos graxos mais abundantes nos animais são os de 16 e 18 carbonos. Os ácidos graxos são classificados pelo grau de saturação, podendo ser divididos em saturados (AGS), os quais contêm apenas ligações simples entre carbonos, e os insaturados (AGI), que possuem uma ou mais insaturações (dupla ligação) na cadeia

carbônica. Por sua vez, os AGI são divididos em: monoinsaturados (AGMI) – uma única insaturação – e poli-insaturados (AGPI) – duas ou mais insaturações – estes últimos podem ser divididos em ômega 3 e ômega 6 (GOIS et al., 2016).

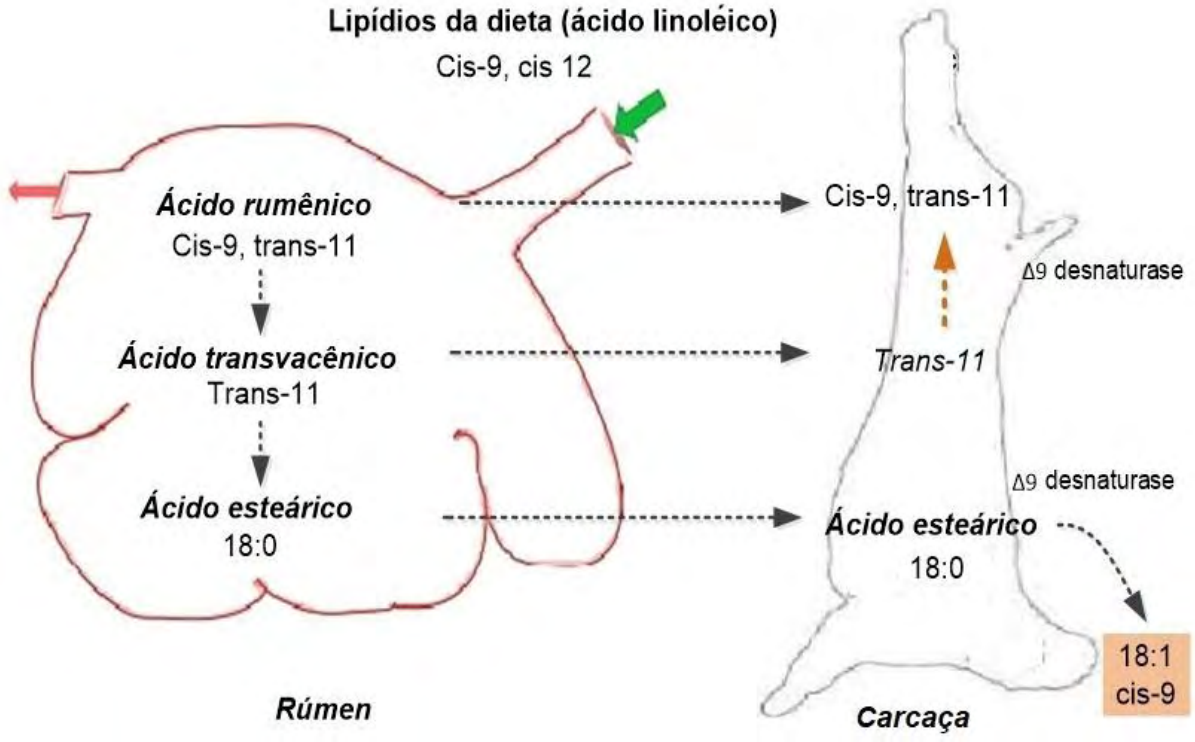
Em ruminantes a maior parte dos AGPI são subministrados na dieta, sendo submetidos ao processo de biohidrogenação ruminal (BH) que transforma o ácido oleico (C 9-18:1), linoléico (18:2 n-6) e linolênico (18:3 n-3) em isômeros hidrogenados e finalmente os converte em ácido esteárico (18:0) pelas bactérias ruminais (SANTOS-SILVA et al., 2019). Esse processo contribui na diminuição da concentração de lipídios insaturados devido a que são tóxicos para as bactérias ruminais, ajudando à retirada de íons H^+ do ambiente ruminal evitando o seu acúmulo. Deste modo, a gordura absorvida e depositada na carne tem quantidades variáveis de AGPI com ligações duplas conjugadas, isômeros *cis* e *trans* que aparecem na carne e no leite de ruminantes (ARRUDA et al., 2012).

Grande parte do C18:0 absorvido pelo ruminante convertem-se em ácido oléico (C18:1) pela ação da enzima Δ9-dessaturase, resultando em expressivos percentuais deste na carne ovina (SCHMID et al., 2006). As dessaturases são capazes de introduzir duplas ligações nas posições Δ5, Δ6 e Δ9, sendo que as enzimas Δ5 e Δ6 atuam na desnaturação dos AGPI, enquanto a Δ9 dessaturase atua na síntese dos ácidos graxos monoinsaturados. Em fase de crescimento, os cordeiros apresentam maior atividade enzimática da Δ-9-dessaturase nos adipócitos que em outras espécies (DHIMAN; NAM; URE, 2005).

O processo de BH é mediado pelo ácido rumênico (isômero cis-9, trans-11), um metabólito intermediário, é o isômero mais abundante sintetizado que é absorvido e incorporado aos tecidos, ou pode sofrer reações de biohidrogenação para formar ácido vacênico (trans-11 octadecanóico). Quando o ácido vacênico é absorvido, ele pode se acumular ou ser convertido em cis-9, trans-11 pela incorporação de uma dupla ligação cis na posição 9, graças à ação da enzima Δ9 desnaturasse presente no intestino, glândulas mamárias, fígado e tecido adiposo (LEÓN-SÁNCHEZ et al., 2014). O isômero

cis-9, trans-11, caracteriza-se como o composto mais biologicamente ativo e constitui cerca de 80% do CLA na carne (GOIS et al., 2016) (Figura 4).

Figura 4 - Biossíntese de ácido linoleico conjugado (CLA)



Fonte: própria autoria.

Um dos produtos intermediários da BH mais importantes é o ácido linoleico conjugado (CLA) C18:2c9t11, que é absorvido pelo animal e depositado na gordura ou excretado no leite (HAJJI et al., 2016; PARIZA; PARK; COOK, 2001), ao qual tem sido atribuídos inúmeros benefícios sobre a saúde humana, incluindo efeitos positivos sobre a carcinogênese, aterosclerose, resposta imune, diabetes, gordura corporal e saúde cardiovascular (CARBALLO; COFRADES; JIMENEZ-COLMENERO, 2001; COSTA et al., 2011; TAPIERO et al., 2002). Contudo, grandes variações no conteúdo de CLA são encontradas, entre espécies animais, como também entre os músculos da mesma espécie. Em geral, a maior concentração CLA está associada à gordura intramuscular (RAES; DE SMET; DEMEYER, 2004), entretanto, seu maior conteúdo está influenciado pela dieta e seus componentes, como uma elevada participação de fibra solúvel e açúcar

fermentados, e podem criar um ambiente no rúmen sem reduzir o pH ruminal, sendo favorável ao crescimento da microbiota responsável pela produção de CLA e ácido graxo vacênico (AV) (DHIMAN; NAM; URE, 2005).

A carne de ovinos é considerada rica em ácidos graxos saturados, principalmente mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0); monoinsaturados como o palmitoleico (C16:1) e oleico (C18:1); e poli-insaturados como o linoleico (C18:2), linolênico (C18:3) e araquidônico (C20:4) (SANTOS-CRUZ et al., 2012). Não obstante, a carne ovina contém uma maior proporção de ácidos graxos poli-insaturados em relação aos ácidos graxos saturados (50 mg/100 mg de ácido graxo), em comparação com a carne bovina (38 mg/100 mg) e a suína (22 mg/100 mg), tornando-se um fator benéfico para a saúde do consumidor, ajudando a controlar os níveis de colesterol no sangue (FERGUSON, 2010; WOOD et al., 1999). A carne ovina também, é uma boa fonte de ômega n-3, ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) e intermediários de BH, como o CLA e o AV, que apresentam efeitos potencialmente benéficos à saúde humana (DILZER et al., 2012; RAN-RESSLER et al., 2014).

A dieta dos animais pode influenciar o processo de BH e a composição do perfil de ácidos graxos (ALVES; GOES; MANCIO, 2005). Os animais que são alimentados com forragens podem apresentar elevada concentração de AGPI (n-3), superior aos valores mínimos recomendados para o consumidor. Enquanto, as dietas ricas em grãos e farelos apresentam maiores níveis de ácido linoleico (C18:2), precursor da série (n-6) (MADRUGA et al., 2008). Essas diferenças podem ser atribuídas às modificações bioquímicas que ocorrem no rúmen, onde dietas com altos níveis de carboidratos não fibrosos são mais rapidamente degradáveis, implicando em menor tempo de retenção do alimento no rúmen e, portanto, menor tempo de atuação do processo da BH sobre os ácidos graxos insaturados (QUEIROZ et al., 2014).

1.6 Parâmetros de qualidade da carne

Para avaliar a qualidade de carne, temos dois posicionamentos principais um desses é a visão do consumidor a qual está fundamentalmente determinada pela sua aceitação. Para entender melhor o apelo da carne ovina, as respostas do consumidor são rotineiramente definidas como características sensoriais principais: (1) maciez, também conhecida como sensação na boca ou textura; (2) sabor, que é a combinação intrínseca dos sentidos do olfato e do paladar; (3) aparência ou cor quando a carne ovina é vendida a varejo ou exposta; e (4) suculência ou umidade. Essas quatro características sensoriais fornecem informações sobre a aceitação geral da carne ovina pelo consumidor (PONNAMPALAM; HOLMAN; SCOLLAN, 2016). Esta avaliação é considerada subjetiva e pouco objetiva.

Portanto, uma segunda visão considera que a qualidade é objetivamente definida e, por isso, existe apenas na extensão em que é cientificamente mensurável, ou seja, apenas os atributos mensuráveis de forma objetiva são considerados atributos de qualidade (LIMA JÚNIOR et al., 2012). As descrições objetivas de qualidade de carne geradas pela ciência, nos laboratórios, têm o valor de compreender os fatores que afetam a qualidade da carne com o objetivo de ser capaz de controlá-los e melhorá-los (LIMA JÚNIOR et al., 2012). Deste modo é importante conhecer e caracterizar os principais atributos que influenciam na qualidade da carne, entre eles estão o pH e a cor os quais serão descritos a seguir.

pH

O pH constitui um dos fatores mais importantes na transformação do músculo em carne, tendo um efeito decisivo sobre sua qualidade (ORDÓÑEZ, 2005). Após o abate do animal, o aporte de oxigênio deixa de chegar ao músculo, o qual obtém energia pela via anaeróbica. Nesse processo há transformação de glicogênio em glicose, o que gera lactato, efetuando-se assim a queda do pH (BENDALL, 1973). Portanto, as reservas energéticas se esgotam mais rapidamente no metabolismo anaeróbio, onde, inicialmente são degradadas as reservas de fosfocreatina, seguidas pelas reservas de glicogênio em

conjunto com outros carboidratos, e finalmente a adenosina trifosfato (ATP) (ALVES; GOES; MANCIO, 2005).

As mudanças nos valores de pH, afetam a qualidade da carne. Quando ocorre um pequeno declínio do pH durante a primeira hora após o sacrifício (permanecendo acima de 6,0) se originam as chamadas carnes DFD (dark, firm, dry) escuras (LUCIVÂNIA et al., 2012). Dependendo da espécie o tempo de estabilização do pH muda, sendo mais rápida em suínos, seguida dos ovinos e mais lenta nos bovinos (LISTRAT et al., 2015).

A redução do pH tem influência nas propriedades da cor, textura, capacidade de retenção de água, além de beneficiar a maciez, sabor e vida útil de prateleira dos produtos; ao contrário, um pH alto facilita o aparecimento e proliferação de microrganismos resultando em menor tempo de vida útil em prateleiras (MELO et al., 2016). Segundo Sañudo et al. (1992) e Zeola et al. (2002), os valores de pH final em ovinos devem estar entre de 5,5 a 5,8 podendo variar quando os animais são alimentados com altos níveis de energia por quilo de matéria seca.

Cor

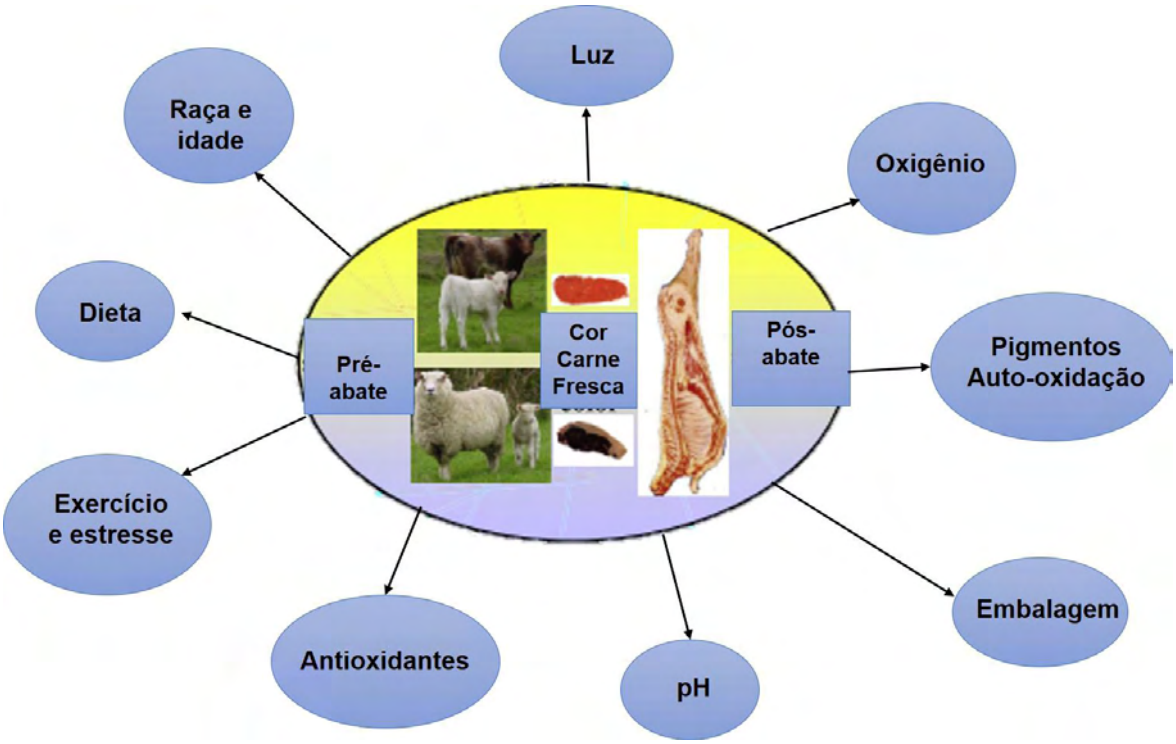
A cor da carne fresca é um atributo de qualidade importante, por meio do qual o consumidor tem a primeira experiência sensorial do produto, influenciando substancialmente a aceitação e decisão de compra dos cortes e/ou produtos cárneos (LONERGAN; TOPEL; MARPLE, 2019). Este aspecto tão importante gera anualmente perdas que contribuem com flutuações no preço do mercado, causado pela descoloração presente na superfície da carne. Deste modo, a melhoria no lucro da carne estaria associada ao incremento da vida útil da cor, o qual é determinada pela velocidade da redução da mioglobina (DU; MCCORMICK, 2009).

Os pigmentos na carne são constituídos em grande parte por duas proteínas: hemoglobina (pigmento do sangue) e mioglobina (pigmento do músculo) (HEDRICK et al., 1994); porém, a coloração da carne *in natura* depende do estado químico destes

pigmentos no músculo, sobre as características físicas da carne como as propriedades de absorver e refletir a luz estão relacionadas ao seu pH final (ABRIL et al., 2001).

A concentração e forma química da mioglobina no músculo varia entre e dentro das espécies, sendo afetada por aspectos como sexo, idade, dieta do animal ou tipo do músculo, além, de fatores genéticos e ambientais (Figura 5) (BEKHIT et al., 2019).

Figura 5- Fatores que afetam a cor da carne fresca

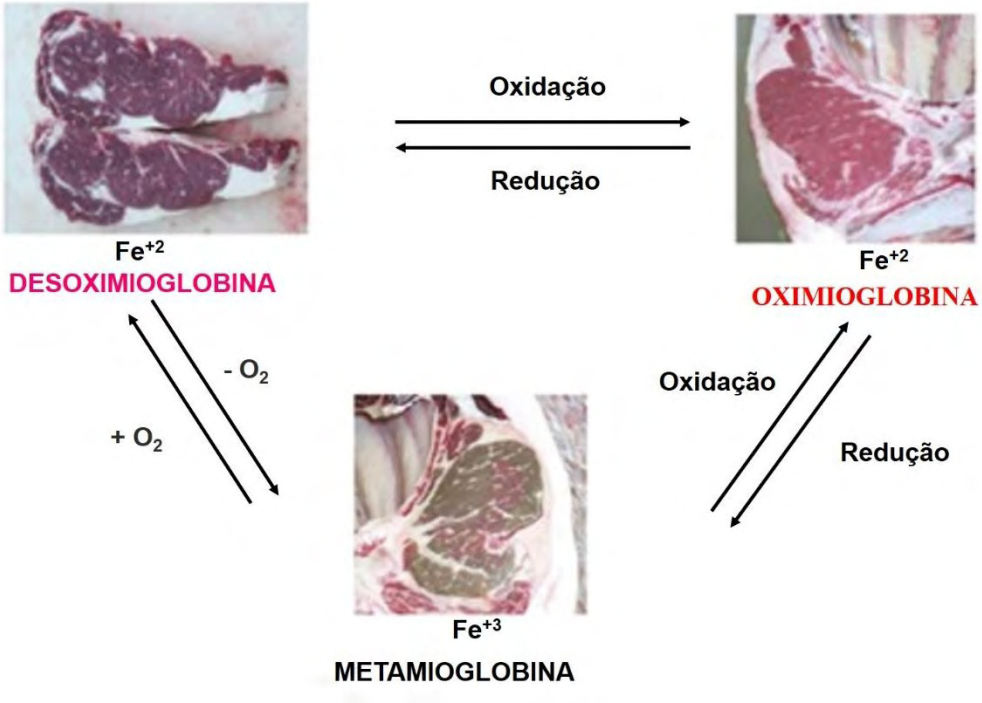


Fonte: Bekhit et al. (2019), adaptado pelo autor.

A mioglobina (Mb) é uma metaloproteína formada por um grupo prostético ou grupo heme e um polipeptídeo chamado de globina. Este grupo heme contém um átomo central de ferro e um anel porfirínico plano, composto por quatro anéis pirrólicos, unidos por pontes metilênicas (BREWER, 2004; MANCINI; HUNT, 2005). Na carne *in natura,* a mioglobina é encontrada em três formas como: desoximioglobina (Mb), oximioglobina (O_2Mb) e metamioglobina (MetMb). As proporções relativas destes compostos determinam o frescor da carne (BEKHIT; FAUSTMAN, 2005).

Quando a carne fresca está exposta ao oxigênio é caracterizada pelo desenvolvimento de uma cor vermelho-cereja brilhante, chamado Mb (Figura 6). Neste momento, os pigmentos reagem e formam um pigmento relativamente estável denominado O_2Mb de cor vermelha brilhante *"bloom"*, que proporciona um aspecto atraente para o consumidor, formando-se entre 30 a 40 minutos após a exposição ao ar (MORGADO et al., 2011). A reação é nomeada de oxigenação, devido a afinidade da mioglobina pelo oxigênio. Nesta fase, o ferro ainda se encontra no estado ferroso (Fe^{+2}), reação irreversível, denominada desoxigenação, causada pela dissociação do oxigênio devido ao baixo pH, aumento da temperatura, luz ultravioleta e baixa concentração de oxigênio (HEDRICK et al., 1994).

Figura 6 - Relação entre o estado da mioglobina e a cor da carne



Fonte: Lonergan, Topel e Marple (2019), adaptado pelo autor.

Após a prolongada exposição da carne ao oxigênio, a MetMb é o pigmento predominante, e a carne passará a ter uma coloração marrom indesejável, sendo esta a principal causa de deterioração da cor muscular, causando rejeição. A maioria dos consumidores associam essa cor com um longo período de armazenamento e exposição, embora em alguns casos isso ocorra poucos minutos após o abate dos animais. Neste

caso, o ferro já se encontra no estado férrico (Fe^{+3}) (MORGADO et al., 2011; BEKHIT et al., 2019).

A composição dos ácidos graxos também altera a cor dos produtos cárneos, onde a maior porcentagem de ácidos graxos insaturados possibilita a formação de cores mais intensas e amareladas, isso devido a maior suscetibilidade à oxidação desses ácidos graxos (MAGNO, 2014). Geralmente os colorímetros, como o Minolta Chroma Meter e Hunter Lab Miniscan, são os mais utilizados na avaliação da cor da carne. Eles medem os valores L^* (luminosidade), a* (vermelho) e b* (amarelo) no espaço de cor, sendo CIELAB o mais conhecido, o qual examina vários pontos aleatórios na superfície da carne como representantes da amostra (TAPP; YANCEY; APPLE, 2011).

1.7 Processo oxidativo

Os processos oxidativos envolvem aquelas reações químicas e bioquímicas que incluem a transferência de um ou mais elétrons de um doador de elétrons (redutor) para um aceptor de elétrons (oxidante), levando à transformação do oxidante e do redutor (BEKHIT et al., 2013). De modo geral, os processos oxidativos envolvem espécies reativas de oxigênio (ROS), subprodutos do metabolismo aeróbico que incluem o ânion superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais hidroxila (OH^-) (SCHIEBER; CHANDEL, 2014).

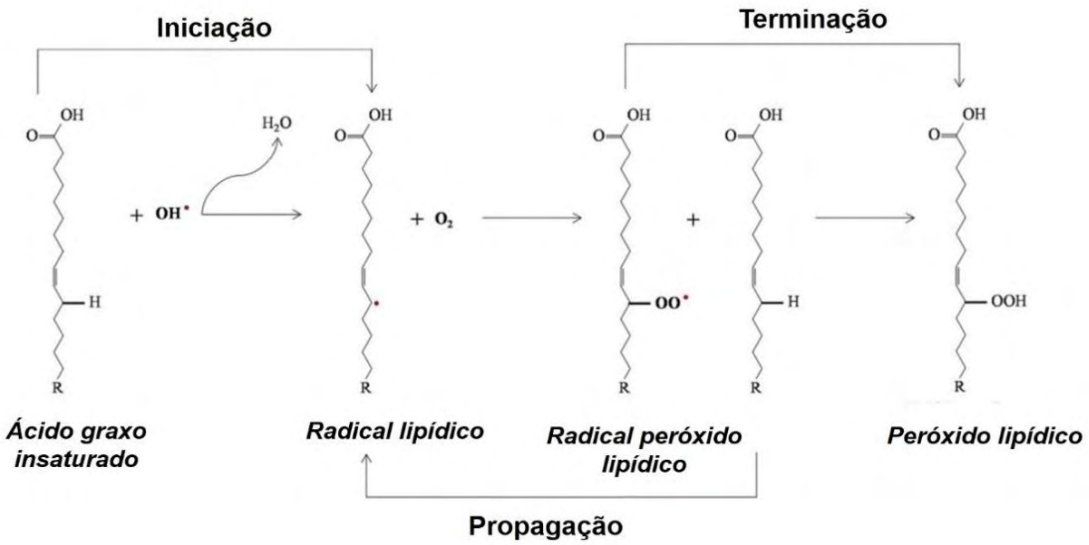
A geração de radicais livres está comumente associada a doenças em humanos e animais, além de mudanças indesejáveis nos produtos alimentares (BEKHIT et al., 2013). Os efeitos dos processos oxidativos na saúde dos animais têm sido pouco estudados e, além disso, o impacto do estresse oxidativo em animais vivos e seu efeito subsequente na qualidade da carne são mal entendidos (PAMPLONA; COSTANTINI, 2011). As relações entre os diferentes fatores que afetam os processos oxidativos na carne *post mortem* são bastante complexos e reguladas por diversos processos físicos, bioquímicos e químicos sendo as espécies reativas de oxigênio (ROS) o fator comum em muitos desses processos (BEKHIT et al., 2013).

A carne torna-se suscetível à deterioração oxidativa devido às altas concentrações de lipídios insaturados, pigmentos heme, catalisadores metálicos e uma variedade de agentes oxidantes no tecido muscular (FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014). A oxidação de lipídios e proteínas é responsável pela deterioração do sabor, cor e textura dos produtos cárneos, afetando seu valor nutricional, levando à formação de compostos potencialmente tóxicos (WANG et al., 2019). Estévez e Lorenzo (2018) concluíram que, em condições fisiológicas, o equilíbrio entre as defesas antioxidantes, pró-oxidantes e endógenas garantem a homeostase e as moléculas com funções biológicas relevantes são protegidas contra as ROS. No entanto, um desequilíbrio desproporcional em relação aos pró-oxidantes contribui na geração de ROS, levando a um dano oxidativo, descontrolando os componentes celulares, processo que é conhecido como estresse oxidativo (UTRERA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2014).

1.7.1 Oxidação de lipídios

Os lipídios se encontram amplamente distribuídos nos espaços intra e extracelulares da carne como triacilglicerídeos, fosfolipídios e esteróis. Os lipídios são quimicamente instáveis e propensos à oxidação especialmente durante o manuseamento *post-mortem* e armazenamento da carne (MIN; AHN, 2005; FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014). Este é um processo de reação em cadeia complexo e dependente do oxigênio, o qual promove a deterioração oxidativa dos ácidos graxos com a produção de radicais livres, através de três diferentes fases: iniciação, propagação e terminação (CUNHA et al., 2018), conforme se observa na Figura 7.

Figura 7 - Processo de oxidação lipídica de ácidos graxos insaturados



Fonte: Cunha et al. (2018).

A fase de iniciação ocorre quando se tem condições favoráveis de luz, como radiação leve ou presença de pró-oxidantes ou espécies reativas de oxigênio (ROS). Nesta fase, existe a isolação de um radical de hidrogênio a partir de um ácido graxo insaturado que produz a formação de um radical de alquila (R), o qual reage com o oxigênio e conduz a formação de radicais de peróxido (ROO). Estes radicais reagem com ácidos graxos insaturados, produzindo hidroperóxidos (ROOH), principais produtos da oxidação de lipídios e caracterizando a fase de propagação. Embora estes compostos primários não afetem as propriedades sensoriais da carne, eles são instáveis, portanto, susceptíveis a outras reações em cadeia de radicais livres. Deste modo, formam-se compostos secundários da oxidação lipídica tais como aldeídos, cetonas e alcanos (CUNHA et al., 2018; LUND et al., 2011). Estes produtos podem ser criados na fase de terminação e são os responsáveis pelas mudanças sensoriais da carne, como o sabor desagradável e o envelhecimento (GUÉRAUD et al., 2010; KUMAR et al., 2015), enquanto que a formação de aldeídos tem sido associada com aterosclerose, mutagênicos e formação de câncer no organismo (DUTHIE et al., 2013).

Sabe-se que tanto a taxa quanto os produtos da oxidação são dependentes de fatores internos e externos. Tipo de músculo, espécie animal, enzimas, teor de gordura e

ácido graxo e antioxidantes endógenos podem ser incluídos entre os fatores internos que afetam; enquanto que os fatores externos geralmente se referem às condições de armazenamento, concentração de oxigênio e as etapas de processamento (calor, picagem ou irradiação, etc.) (PATEIRO et al., 2014).

De acordo com Tarladigs et al. (1960), os produtos primários de oxidação lipídica constituem-se principalmente de hidroperóxidos, os quais são rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), particularmente carbonilas, tornando-se o malonaldeído (MDA) o elemento mais importante (FOLCH et al., 1957). Portanto, a oxidação lipídica em carnes pode ser acompanhada por meio do valor das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) expresso em mg de MDA/kg de carne.

1.7.2 Oxidação das proteínas

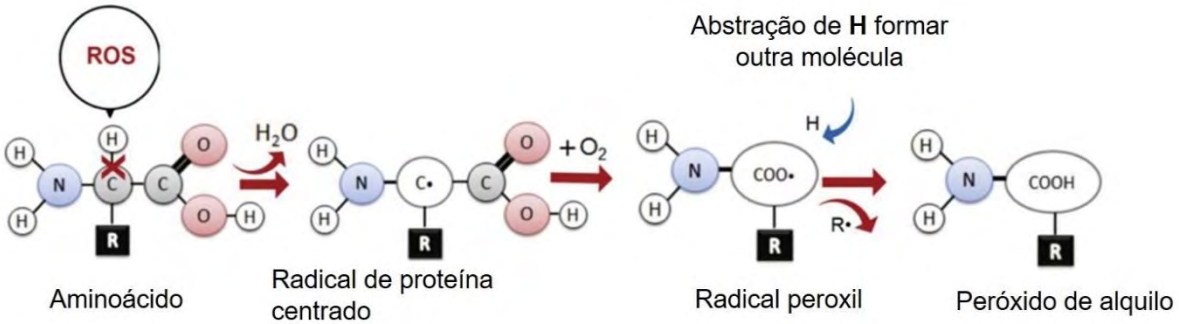
As proteínas como componente principal do tecido muscular, desempenham um papel decisivo nos produtos cárneos nos aspectos sensoriais, nutricionais e tecnológicos (Lawrie, 1998). As proteínas musculares têm sido objeto de vários estudos de pesquisa focados nas modificações sofridas durante as mudanças *post-mortem*, o processamento e armazenamento de carne e produtos derivados. As principais modificações incluem desnaturação (perda de sua estrutura terciária nativa) e degradação hidrolítica (proteólise) por enzimas endógenas e/ou exógenas (ESTÉVEZ, 2011). Da mesma forma que os lipídios, as proteínas musculares podem sofrer reações de oxidação, sendo atacadas por espécies reativas de oxigênio (ROS) e subprodutos secundários da estratificação oxidativa, resultando na oxidação destas (ZHANG; XIAO; AHN, 2013). Esta oxidação pode influenciar na qualidade da carne fresca e nas propriedades de processamento dos produtos cárneos.

A oxidação desta molécula ocorre devido a modificações covalentes, cujos principais alvos são os grupos funcionais nas cadeias laterais de aminoácidos, sendo induzidas estas reações diretamente pelos ROS ou indiretamente por subprodutos do

estresse oxidativo (LUND et al., 2011). A oxidação dos aminoácidos pode produzir modificações das cadeias laterais, conversão de diferentes aminoácidos, fragmentação da estrutura do peptídeo e formação de ligações cruzadas intra e intermoleculares (ESTÉVEZ, 2011).

O mecanismo de oxidação das proteínas (Figura 8) é produzido a partir de uma reação da cadeia de radicais livres, iniciando quando os ROS eliminam um átomo de hidrogênio da proteína, dando como resultado um radical de proteína centrado no carbono (P**.**). Este último em presença de oxigênio (P**.**) se converte em um radical peroxil (POO) e mediante a retirada de um átomo de hidrogênio de outra molécula, se transforma em peróxido de alquila (POOH). Outras reações com a forma reduzida de ferro (Fe^{2+}) ou o radical peroxila livre (HO_2) podem levar à formação do radical alcoxila. Na ausência de O_2, dois radicais de proteína centrados no carbono (P) reagem um com o outro para produzir derivados reticulados de carbono-carbono (STADTMAN; LEVINE, 2003).

Figura 8 **-** Processo de oxidação das proteínas



Fonte: Cunha et al. (2018).

Alguns dos aminoácidos são mais susceptíveis aos ROS e entre eles estão as cadeias laterais de arginina, lisina e prolina que se oxidam mediante reações catalisadas por metais, formando carbonilas. Outros aminoácidos como a cisteína ou a metionina estão mais relacionadas com a produção de derivados que contem enxofre (LUND et al., 2011). Resultando em mudanças na cor e textura, perda da qualidade nutricional, incluindo aminoácidos e digestibilidade da proteína, e perda da funcionalidade da proteína (ESTÉVEZ, 2011).

A oxidação proteica em carnes pode ser avaliada por meio da técnica espectrofotométrica de quantificação dos grupos carbonilas (aldeídos e cetonas), pela quantificação do produto gerado da reação entre: 2,4-dinitrofenilidrazina (DNPH) e os grupos carbonilas de proteínas (LEVINE et al., 1994).

1.8 Sistema de defesa antioxidante

Este sistema tem a função de inibir e/ou reduzir os danos causados pela ação deletéria dos radicais livres ou das espécies reativas não radicais, tendo assim, um sistema enzimático e outro não enzimático (SIES, 1993).

O sistema enzimático é constituído pelas enzimas antioxidantes CAT, SOD, GPX e GSH, as quais constituem uma barreira intracelular endógena contra os radicais livres, sendo sua atividade modulada por diversos fatores como o estresse, lesão celular ou abate (DESCALZO; SANCHO, 2008). Essas enzimas atuam para transformar espécies reativas em produtos não radicais e não tóxicos (SURAI, 2015). Para uma melhor compreensão as enzimas antioxidantes se descrevem de forma detalhada a continuação:

Superóxido-dismutase (SOD): catalisa a dismutação do superóxido a peróxido de hidrogênio (H_2O_2), é considerada a primeira defesa contra os pró-oxidantes (HALLIWELL; CHIRICO, 1993). Esta enzima possui duas isoformas, a primeira delas contém a enzima SOD com cobre e zinco (CuZnSOD) e apresenta-se no citoplasma das células, e a segunda contém manganês (MnSOD) e pode ser encontrada na mitocôndria (NOGUEIRA, 2004);

Catalase (CAT): reage eficientemente catalisando o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para formar água (H_2O), oxigênio molecular (O_2) e como doador de H (metanol, etanol, ácido fórmico ou fenóis). Em animais, o peróxido de hidrogênio é desintoxicado pela CAT e Glutathione peroxidase (GPX) (MATES; GOMEZ; CASTRO, 1999);

Glutationa reduzida (GSH): é envolvida na desintoxicação do peróxido de hidrogênio através da glutationa oxidase (GO) (HALLIWELL; CHIRICO, 1993; NOGUEIRA, 2004). A GSH (γ-glutamil-cisteinil-glicina) é um importante composto bioativo contido na carne, sendo também o principal composto de enxofre, de baixo peso molecular, comumente encontrado em todas as células eucarióticas, plantas e animais. Está entre os antioxidantes mais importantes, junto com ascorbato, albumina, cisteína, flavonóides, ácido fítico, melanina, biliverdina e coenzima Q (PRIOR; GUOHUA, 1999). O principal local de síntese de glutationa é o fígado, onde o sangue contendo GSH é fornecido a outros tecidos. As células que são capazes de absorver GSH carregam a enzima γ-glutamil transpeptidase em sua superfície. As medições da atividade dessa enzima mostram que o GSH está concentrado nos rins, cérebro, glóbulos vermelhos e brancos, pulmões, coração, intestinos e músculos que trabalham duro. Isso aumenta a proteção contra o estresse oxidativo (HALLIWELL; CHIRICO, 1993;RAKOWSKA; SADOWSKA; WASZKIEWICZ-ROBAK, 2017).

O teor de GSH na carne é determinado por muitos fatores, ou seja, raça, condições ambientais (incluindo métodos de alimentação), atividade física, idade no abate, sexo, estado fisiológico, castração e muitos outros fatores que ainda são não foram identificados (LAWRIE, 2006). Alem disso há dados relativamente limitados na literatura disponível sobre o conteúdo GSH na carne de animais alimentados bajo diferentes sistemas (RAKOWSKA; SADOWSKA; WASZKIEWICZ-ROBAK, 2017); e

Glutatión peroxidasa (GPX): está presente nas formas selênio e não dependentes do selênio, são complementares à catalase, pois decompõem o H_2O_2 lentamente, mas com maior afinidade. Assim, eles são mais úteis para decompor as pequenas quantidades de peróxido contínua e fisiologicamente produzidos dentro das células (PAMPLONA; COSTANTINI, 2011). Catalisa a redução de hidroperóxidos usando GSH, protegendo as células de mamíferos contra danos oxidativos. O metabolismo da glutationa é um dos mais importantes mecanismos de defesa antioxidante (SURAI; FISININ, 2016).

Torna-se importante o adequado equilíbrio entre as enzimas antioxidantes para a manutenção da integridade celular, mas, o aumento destas enzimas nos tecidos poderia atrasar o início da ramificação oxidativa na carne armazenada (SAND, 2005; CELI, 2010; GHEISARI; MOTAMEDI, 2010; FRIEDMANN, 2011; ESTÉVEZ; LORENZO, 2018). As enzimas antioxidantes são relativamente estáveis na carne e durante o armazenamento refrigerado, por isso, podem oferecer proteção contra os radicais livres durante um breve tempo após a morte (GATELLIER; MERCIER; RENERRE, 2004). Ainda assim, a atividade de algumas enzimas pode diferir entre e dentro das espécies, apresentando variações na atividade das enzimas por fatores genéticos, gerando diferenças na estabilização oxidativa da carne (HERNÁNDEZ et al., 2004).

Existem poucos estudos investigando os efeitos da nutrição ou da dieta alimentar sobre as atividades das enzimas antioxidantes, sendo que a dieta parece modificar o nível de enzimas antioxidantes nos sistemas circulatório e muscular, embora nenhum efeito consistente tenha sido observado (BEKHIT et al., 2013). Estudos desenvolvidos por Petron et al. (2007) descobriram que o tipo de pastagem pode afetar a atividade de GPX, mas não SOD e CAT. Descalzo e Sancho (2007) relataram valores elevados de CAT apenas na carne de gado criado a pasto em comparação com a carne de gado alimentado com grãos. No entanto, este efeito não estava de acordo com outros estudos conduzidos pelo mesmo grupo (GATELLIER; MERCIER; RENERRE, 2004).

Os sistemas não enzimáticos, na sua maioria, são exógenos, ou seja, necessitam ser absorvidos pela alimentação. Estes podem ser divididos em: vitaminas lipossolúveis (vitamina A, E e β-caroteno), vitaminas hidrossolúveis (vitamina C e do complexo B), oligoelementos (zinco, cobre, selênio, magnésio etc.), bi flavonoides (derivados de plantas) e ácidos fenólicos (FRIEDMANN, 2011).

REFERÊNCIAS

ABRIL, M. et al. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, Barking, v. 58, n. 1, p. 69–78, May. 2001.

AGREGÁN, R. et al. Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. **Food Research International**, Essex, v. 99, p. 986–994, 2017.

ALVES, D. D.; GOES, R. H. D. T. E. B. DE; MANCIO, A. B. Produção animal. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 135–149, 2005.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, n. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ARRUDA, P. C. L. et al. Perfil de ácidos graxos no *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. **Semina:Ciencias Agrarias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1229–1240, 2012.

BALANGE, A. K.; BENJAKUL, S. Effect of oxidised phenolic compounds on the gel property of mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, n. 6, p. 1059–1064, 2009.

BARBATO, O. et al. Dietary supplementation of yerba mate (Ilex paraguariensis) during the dry period improves redox balance in lactating dairy cows. **Antioxidants**, Basel, v. 8, n. 2, art. 38, 2019.

BASTOS, D. H. M. et al. Phenolic antioxidants identified by ESI-MS from yerba maté (*Ilex paraguariensis*) and green tea (*Camelia sinensis*) extracts. **Molecules**, Basel, v. 12, n. 3, p. 423–432, 2007.

BEKHIT, A. E-D. A. et al. Meat color: factors affecting color stability. In: VARELIS, P.; MELTON, L.; SHAHIDI, F. (Ed.). **Encyclopedia of food chemistry**. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 202–210.

BEKHIT, A. E. D. et al. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **Food Chemistry**, Barking, v. 81, n. 2, p. 175–187, 2003.

BEKHIT, A. E. D. A. et al. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: sources, markers, and remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 12, n. 5, p. 565–597, 2013.

BEKHIT, A. E. D.; FAUSTMAN, C. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 3, p. 407–439, 2005.

BENDALL, J. R. Postmortem changes in muscle. In: BOURNE, G. H. (Ed.). In: BOURNE, G. H. (Ed.). **The structure and function of muscle**. New York: Academic Press, 1973. p. 244-309.

BENDER, A. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. **FAO**

Food and Nutrition Paper, Rome, v. 53, p. 1–91, 1992.

BOADA, L. D.; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZA, L. A.; LUZARDO, O. P. The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: epidemiological evidences. **Food and Chemical Toxicology**, London, v. 92, p. 236–244, 2016.

BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 136, n. 3, p. 378–384, 2011.

BREWER, S. Irradiation effects on meat color - A review. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 1, p. 1–17, 2004.

CARBALLO, J.; COFRADES, S.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Healthier meat and meat products : Their role as functional foods. **Meat Science**, Barking, v. 59, p. 5–13, 2001.

CELI, P. The role of oxidative stress in small ruminants' health and production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 348–363, 2010.

CELI, P.; RAADSMA, H. Effects of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) supplementation on the productive performance of dairy cows during mid-lactation. **Animal Production Science**, Victoria, v. 50, n. 6, p. 339-344, 2010.

CELI, P.; ROBINSON, A. Effects of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) supplementation on the performance of dairy calves. **Animal Production Science**, Victoria, v. 50, n. 6, p. 376-381, 2010.

COSTA, P. et al. Fatty acid composition, cholesterol and α-tocopherol of Barrosã-PDO veal produced in farms located in lowlands, ridges and mountains. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 24, n. 7, p. 987–994, Nov. 2011.

CUNHA, L. C. M. et al. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. **Food Research International**, Essex, v. 111, p. 379-390, May. 2018.

DE SIQUEIRA, E. R. et al. Características sensoriais da carne de cordeiros das raças Hampshire Down, Santa Inês e Mestiços Bergamácia x Corriedale abatidos com quatro distintos pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1269–1272, 2002.

DESCALZO, A. M.; SANCHO, A. M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 3, p. 423–436, 2008.

DHIMAN, T. R.; NAM, S.; URE, A. M. Y. L. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Rarton, v. 45, n. 6, p. 463-482, 2005.

DILZER, A. et al. Health implication of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 52, n. 6, p. 488-513, 2012.

DU, M.; MCCORMICK, R. J. **Applied muscle biology and meat science**. Boca Raton: CRC Press, 2009.

DUTHIE, G. et al. Antioxidant effectiveness of vegetable powders on the lipid and protein oxidative stability of cooked Turkey meat patties: implications for health. **Nutrients**, Basel, v. 5, n. 4, p. 1241–1252, 2013.

EMBRAPA. **Pesquisa mostra que 12% dos brasileiros nunca comeram carne ovina**. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34766692/pesquisa-mostra-que-12-dos-brasileiros-nunca-comeram-carne-ovina#:~:text=fora da porteira-,Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Ovinos (Arco)%2C,e 15 quilos de suína. Acesso em: 20 jan. 2020.

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: A review. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 3, p. 259–279, 2011.

ESTÉVEZ, M.; LORENZO, J. M. Impact of antioxidants on oxidized proteins and lipids in processed meat. . In: VARELIS, P.; MELTON, L.; SHAHIDI, F. (Ed.). **Encyclopedia of food chemistry**. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 600-608

FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, Essex, v. 64, p. 171–181, 2014.

FERGUSON, L. R. Meat and cancer. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 2, p. 308–313, 2010.

FERRÃO, S. P. B. et al. Características sensoriais da carne de cordeiros da raça Santa Inês submetidos a diferentes dietas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 185–190, fev. 2009.

FERREIRA, D.; SLADE, D. Oligomeric proanthocyanidins: Naturally occurring O-heterocycles. **Natural Product Reports**, Princeton, v. 19, n. 5, p. 517–541, 2002.

FOLCH, J. et al. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry,** Baltimore, v. 55, p. 999–1033, 1957.

FRANKEL, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**, Essex, v. 57, n. 1, p. 51–55, 1996.

FRIEDMANN, A. J. P. **Hidroperóxidos de lipídios como fontes de oxigênio molecular singlete (O_2 [$^1\Delta_g$]), detecção e danos em biomoléculas**. 2011. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GATELLIER, P.; MERCIER, Y.; RENERRE, M. Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. **Meat Science**, Barking, v. 67, n. 3, p. 385–394, July. 2004.

GHEISARI, H. R.; MOTAMEDI, H. Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 2, p. 377–383, 2010.

GOIS, G. C. et al. Composição de ácidos graxos na carne ovina. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 1–17, 2016.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. Meat Science, Barking, v. 43, n. suppl. 1, p. 111–123, 1996.

GUÉRAUD, F. et al. Chemistry and biochemistry of lipid peroxidation products. **Free Radical Research**, London, v. 44, n. 10, p. 1098–1124, 2010.

GÜLÇIN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives of Toxicology**, Heidelberg, v. 86, n. 3, p. 345–391, 2012.

GYAMFI, M. A.; ANIYA, Y. Antioxidant properties of Thonningianin A, isolated from the African medicinal herb, Thonningia sanguinea. **Biochemical Pharmacology**, Kansas, v. 63, n. 9, p. 1725–1737, 2002.

HAJJI, H. et al. Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 48, p. 102–110, 2016.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 16, n. 1, p. 33–50, 1996.

HALLIWELL, B.; CHIRICO, S. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 57, suppl. 5, p. 715–725, 1993.

HAN, R. M. et al. Comparison of flavonoids and isoflavonoids as antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 9, p. 3780–3785, 2009.

HEDRICK, H. et al. **Principles meat science**. 3th ed. Iowa: Kendall-Hunt Publishing Company, 1994.

HERNÁNDEZ, P. et al. Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 3, p. 525–529, Mar. 2004.

IBGE. **Pecuária Municipal Produção da Pecuária Municipal**. 2012. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2012_v40_br.pdf. Acesso

em: 10 fev. 2020.

IBGE. **SIDRA - Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado. Acesso em: 20 jan. 2020.

LIMA JÚNIOR, D. M. DE et al. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, n. 4, p. 351–358, 2012.

KASAPIDOU, E. et al. Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 4, p. 908–916, 2012.

KÖKSAL, E.; GÜLÇIN, İ. Antioxidant activity of Cauliflower (*Brassica oleracea* L.): discovery service for Allameh Tabatabai University. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, Turkey, v. 32, n. 1, p. 65–78, 2008.

KUMAR, Y. et al. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 14, n. 6, p. 796–812, 2015.

LABUZA, T. P.; DUGAN, L. R. Kinetics of lipid oxidation in foods. **CRC Critical Reviews in Food Technology**, Boca Raton, v. 2, n. 3, p. 355–405, 1971.

LEVINE, R. L. et al. Carbonyl assays for determination of oxidatively modified proteins. **Methods in Enzymology**, New York, v. 233, p. 346-357, 1994.

LISTRAT, A. et al. How muscle structure and composition determine meat quality. **Productions Animales**, Paris, v. 28, n. 2, p. 125–136, 2015.

LONERGAN, S. M.; TOPEL, D. G.; MARPLE, D. N. Intrinsic cues of fresh meat quality. In: PRESS, A. (Ed.). **The science of animal growth and meat technology**. 2nd ed. Iowa: Academic Press, 2019. p. 147–162.

LUCIVÂNIA, A. et al. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. Quality of goats and lambs meat: a review. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v. 8, n. 3, p. 11-17, jul./set. 2012.

LUND, M. N. et al. Protein oxidation in muscle foods: a review. **Molecular Nutrition and Food Research**, Weinheim, v. 55, n. 1, p. 83–95, 2011.

MADRUGA, M. S. et al. Perfil aromático e qualidade química da carne de caprinos Saanen alimentados com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 936–943, 2008.

MAGNO, L. L. **Fatores de influência na qualidade de carne ovina**. 2014. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, 2014.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 100–121, Sept. 2005.

MARTINS, E. C. et al. Cenários mundial e nacional da caprinocultura e da ovinocultura. **Boletin Ativos Ovinos e Caprinos**, Brasília, v. 2, p. 3–6, 2016.

MATES, J. M.; GOMEZ, C. P.; CASTRO, I. N. DE. Antioxidant enzymes and human diseases. **Clinical Biochemistry**, Toronto, v. 32, n. 8, p. 595–603, Dec. 1999.

MELO, A. F. et al. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina: revisão. **Pubvet**, Londrina, v. 10, n. 10, p. 785–794, out. 2016.

MIN, B.; AHN, D. U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: a review. **Food Science and Biotechnology**, Korean, v. 14, n. 1, p. 152–163, 2005.

MONTOSSI, F. et al. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. **Meat Science**, Barking, v. 95, n. 4, p. 772–789, 2013.

MORGADO, E. S. et al. Influência do tipo de embalagem e tempo de armazenamento sobre os parâmetros qualitativos da carne ovina. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 7, p. 1–4, 2011.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n. 1–2, p. 95–111, Oct. 2004.

NOGUEIRA, F. N. **Sistema antioxidante e peroxidação lipídica em glândulas salivares de ratos diabéticos**. 2004. 77 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OKEUDO, N. J.; MOSS, B. W. Intramuscular lipid and fatty acid profile of sheep comprising four sex-types and seven slaughter weights produced following commercial procedure. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 2, p. 195–200, Jun. 2007.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2.

PADILHA, A. Antioxidante **natural de erva mate na conservação da carne de frango *in vivo***. 2007. 97 p. Disertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2007.

PAMPLONA, R.; COSTANTINI, D. Molecular and structural antioxidant defenses against oxidative stress in animals. **American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v. 301, n. 4, p. r843-63, 2011.

PANNIER, L. et al. Associations of genetic and non-genetic factors with concentrations of iron and zinc in the longissimus muscle of lamb. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 1111–1119, Feb. 2014.

PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK, M. E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 283–298, July. 2001.

PATEIRO, M. et al. Effect of addition of green tea, chestnut and grape extract on the shelf-life of pig liver pâté. **Food Chemistry**, Barking, v. 147, p. 386–394, 2014

PETRON, M. J. et al. Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 75, n. 4, p. 737–745, 2007.

PO, E.; XU, Z.; CELI, P. The Effect of Yerba Mate (*Ilex paraguarensis*) supplementation on the productive performance of dorper ewes and their progeny. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Korea, v. 25, n. 7, p. 945–949, June. 2012.

PONNAMPALAM, E. N.; HOLMAN, B. W. B.; SCOLLAN, N. D. Sheep: meat. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRA, F. (Ed.). **Encyclopedia of food and health**. [New York]: Elsevier, 2016. p. 750–757.

PRATA, A. K. Exploring the benefits of feeding tannin containing diets for enhancing the nutritional values of milk and meat of ruminants. **The Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, v. 53, n. 2, p. 63–76, 2014.

PRIOR, R. L.; GUOHUA, C. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 27, n. 99, p. 1173–1181, 1999.

RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 113, n. 1–4, p. 199–221, Mar. 2004.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Quimica Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 145, 2011.

RAKOWSKA, R.; SADOWSKA, A.; WASZKIEWICZ-ROBAK, B. Influence of pre- and post-slaughter factors on the reduced glutathione content of beef muscles. **Meat Science**, Barking, v. 124, p. 48–53, 2017.

RAN-RESSLER, R. R. et al. Branched-chain fatty acid content of foods and estimated intake in the USA. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 112, n. 4, p. 565–572, 2014.

RIBEIRO, J. S. et al. Natural antioxidants used in meat products: a brief review. **Meat Science**, Barking, v. 148, p. 181-188, 2019.

QUEIROZ, L. O. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros Santa Inês, abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 3, p. 712–722, set. 2014.

ROBBINS, R. J. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** Washington, v. 51, n. 10, p. 2866–2887, May. 2003.

SALAMI, S. A. et al. Review: in vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: a review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. **Animal**, Cambridge, v. 10, n. 8, p. 1375–1390, 2016.

SAND, S. V**. Influência da l-glutamina exógena nas defesas antioxidantes e na curva de tolerância à glicose, em modelo animal**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SANTOS-CRUZ, C. L. dos et al. Correlation between lipid, cholesterol and fatty acid contents in the shoulder of castrated and non-castrated Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 7, p. 1775–1783, jul. 2012.

SANTOS-SILVA, J. et al. Effect of dietary neutral detergent fibre source on lambs growth, meat quality and biohydrogenation intermediates. **Meat Science**, Barking, v. 147, p. 28–36, Jan. 2019

SCHIEBER, M.; CHANDEL, N. S. ROS function in redox signaling and oxidative stress. **Current Biology**, London, v. 24, n. 10, p. R453–R462, 2014.

SCHMID, A. et al. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 1, p. 29–41, May. 2006.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Carela, 1996.

SIES, H. Strategies of antioxidant defense. **European Journal of Biochemistry**, Oxford, v. 215, n. 2, p. 213–219, 1993.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 820–897, 2015.

SOBRINHO, A. G. S. et al. **Produção de carne ovina**. Jabuticabal- SP: FUNE, 2008.

STADTMAN, E. R.; LEVINE, R. L. Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. **Amino Acids**, Wien, v. 25, n. 3–4, p. 207–218, 2003.

SURAI, P. F.; FISININ, V. I. **Selenium in livestock and other domestic animalsselenium:** its molecular biology and role in human health: fourth edition. 2016. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-41283-2_50. Acesso em: 15 mar. 2020.

TAPIERO, H. et al. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, n. 5, p. 215–222, jul. 2002.

TAPP, W. N.; YANCEY, J. W. S.; APPLE, J. K. How is the instrumental color of meat measured? **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 1, p. 1–5, Sept. 2011.

TARLADGIS, B. G. et al. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 37, p. 44–48, 1960.

UTRERA, M.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Temperature of frozen storage affects the nature and consequences of protein oxidation in beef patties. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 3, p. 1250–1257, 2014.

VIDAL, M. P. et al. Meat quality of beef from Nellore steers fed yerba mate supplemented diets. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY**,** 60., 2014, Punta Del Este. **Abstracts…** Punta Del Este, 2014. p. 3–6.

VIEIRA, T. R. L. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne de cordeiros Santa Inês terminados em dietas com diferentes níveis de caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 372–377, jun. 2010.

WANG, Z. et al. Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. **Meat Science**, Barking, v. 146, p. 131-139, 2018.

WANG, Z. et al. Effects of malondialdehyde as a byproduct of lipid oxidation on protein oxidation in rabbit meat. **Food Chemistry**, Barking, v. 288, p. 405–412, 2019.

WOOD, J. D. M. et al. Manipulating meat quality and composition. **The Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 58, n. 2, p. 363–370, 1999.

ZAWADZKI, A. et al. Mate extract as feed additive for improvement of beef quality. **Food Research International**, Essex, v. 99, p. 336–347, Sept. 2017.

ZEOLA, N. M. B. et al. Influência de diferentes níveis de concentrado sobre a qualidade da carne de cordeiros Morada Nova. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 97, n. 554, p. 175–180, 2002.

ZHANG, W.; XIAO, S.; AHN, D. U. Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 53, n. 11, p. 1191–1201, Jan. 2013.

ZHONG, R. Z. et al. Effects of dietary supplementation with green tea polyphenols on digestion and meat quality in lambs infected with Haemonchus contortus. **Meat Science**, Barking, v. 105, p. 1–7, July. 2015.

CAPÍTULO II

EFEITOS DA ALIMENTAÇÃO EM NÍVEIS CRESCENTES DE ERVA-MATE NA QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIRO E NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE[1]

RESUMO

O presente estudo investigou a inclusão do extrato de erva-mate (YME) na dieta de cordeiros em características de qualidade da carne, atividade antioxidante e prazo de validade. Trinta e seis cordeiros foram distribuídos de acordo com o desenho de blocos com os seguintes grupos: grupo controle sem YME (0%) e três grupos com 1, 2 e 4% de inclusão de YME na matéria seca. Os animais foram alimentados com essas dietas por 53 dias. Amostras foram coletadas do músculo *Longissimus thoracis* (LT) para analisar a atividade antioxidante e a qualidade da carne. As amostras foram colocadas em um balcão simulando um ambiente de varejo por 0, 3 e 6 dias a 4 ± 2°C. Todos os dados foram analisados usando um modelo misto com contrastes ortogonais. A inclusão de 1 e 4% de YME na dieta alterou o amarelo (b*) e o croma (C*) da carne ($P \leq 0,05$). Os valores de pH, cor, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico e carbonila foram influenciados pelo tempo de exibição no varejo para todos os tratamentos avaliados ($P \leq 0,03$). No entanto, nem a dieta nem o tempo de exibição no varejo influenciaram a oxidação de proteínas ou as atividades das enzimas antioxidantes da catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), glutationa peroxidase (GPX) e atividade da glutationa (GSH) na carne. Portanto, a inclusão de 4% de YME apresentou resultados positivos nos parâmetros de estabilidade do amarelo e da cor da carne, sem aumentar os valores de peroxidação lipídica ou alterar os parâmetros de qualidade normal da carne em cordeiros.

Palavras-chave: antioxidantes naturais; estabilidade oxidativa; polifenólico. qualidade da carne; vida útil

---

[1] Este capítulo foi submetido ao periódico Animals e foi aceito para publicação (doi: https://doi.org/10.3390/ani10091458)

ABSTRACT

The present study investigated the inclusion of yerba mate extract (YME) in the lamb's diet on meat quality traits, antioxidant activity, and shelf-life. Thirty–six lambs were distributed according to a block design with the following groups: control group without YME (0%) and three treatment groups with 1, 2, and 4% YME inclusion in the dry matter. The animals were fed these diets for 53 days. Samples were collected from the *Longissimus thoracis* (LT) muscle to analyze antioxidant activity and meat quality. Samples were placed on a counter display simulating a retail environment for 0, 3, and 6 days at 4 ± 2 °C. All data were analyzed using a MIXED model with orthogonal contrasts. Inclusion of 1 and 4% YME in the diet changed the yellow (b*) and the chroma (C*) of the meat ($P \leq 0.05$). The pH, color, thiobarbituric acid reactive substances, and carbonyl values were influenced by the retail display time for all the evaluated treatments ($P \leq 0.03$). However, neither diet nor the retail display time influenced the oxidation of proteins or the antioxidant enzyme activities of catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPX) and glutathione activity (GSH) in meat. Therefore, the inclusion of 4% YME showed positive results in the yellow and color stability parameters of the meat without increasing the lipid peroxidation values or altering the normal meat quality parameters in lambs.

Keywords: Meat Quality; Natural Antioxidants; Oxidative Stability; useful Life; Polyphenolic.

2.1 INTRODUÇÃO

A carne é considerada um alimento de elevada qualidade nutricional e de vital importância por suas características funcionais, sendo uma fonte rica em proteínas de alto valor biológico, minerais e vitaminas do grupo B (BENDER, 1992). Deste modo, na produção animal a qualidade da carne apresenta importância devido ao seu efeito direto sobre a demanda dos consumidores, os quais avaliam principalmente aparência e composição (SOBRINHO et al., 2008). A cor e o sabor da carne estão entre os atributos mais relevantes, sendo fortemente influenciados durante o processo de armazenamento pela deterioração microbiológica, oxidação de lipídios, proteínas e pigmentos (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996), cujos produtos finais podem gerar mudanças na composição, promovendo a rejeição do produto pelo mercado consumidor (LIU; LANARI; SCHAEFER, 1995).

Na preservação de produtos alimentícios, substâncias antioxidantes de origem sintética ou natural são usadas para retardar o processo oxidativo, removendo pró-oxidantes, como ácidos graxos livres, metais e compostos oxidados, e protegendo os alimentos da luz (HALLIWELL, 1996; CHOE; MIN 2009). No entanto, existe uma necessidade crucial de monitoramento regulatório de antioxidantes sintéticos na alimentação animal, considerando seu potencial de toxicidade na saúde humana (KÖKSAL; GÜLÇIN, 2008; GÜLÇIN, 2012; ZAHID et al., 2020).

Em função da crescente preocupação por parte dos consumidores com a segurança dos alimentos, tem-se incrementado o número de pesquisas que avaliam o uso de antioxidantes naturais, principalmente de substâncias ativas presentes em plantas representados por taninos, saponinas, óleos essenciais e compostos fenólicos (BRACESCO et al., 2011). Esses compostos podem ser usados diretamente ou em combinação com outros componentes da ração animal, atrasando o processo oxidativo e contribuindo para o bem-estar animal e o status antioxidante (BAÑÓN; MÉNDEZ; ALMELA, 2012; HAJJI et al., 2016; INSERRA et al., 2014; NIETO et al., 2010; WANG et al., 2018; YAGOUBI et al., 2018).

Neste âmbito, a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire), uma planta amplamente disseminada e consumida no sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e Uruguai (BURRIS et al., 2012), vem sendo utilizada por suas propriedades antioxidantes, pois na sua composição predominam os compostos polifenólicos (ácido clorogênico) e xantinas (cafeína e teobromina), além de alcaloides de purina (ácido cafeico, ácido 3,4-dicafelquínico, ácido 3,5-dicaffeoylquinic), flavonoides (rutina, quercetina e kaempferol), saponinas, polissacarídeos, proteínas, minerais (P, Fe e Ca) e vitaminas (C, B1 e B2) (BASTOS et al., 2007; JAISWAL et al., 2010).

O uso do extrato de erva mate na saúde humana tem demonstrado ser benéfico, proporcionando uma menor incidência de doenças cardiovasculares e de câncer, dado pela presença de compostos fenólicos, principalmente ácidos clorogênicos (BRACESCO et al., 2011; LUCIVÂNIA et al., 2012). Esses compostos fenólicos têm a capacidade de eliminar os radicais livres, inibindo a peroxidação lipídica quando usados na preservação de alimentos (BASTOS et al., 2007). Na produção animal, estudos anteriores mostraram que a erva-mate melhorou o desempenho da lactação (aumento do teor de gordura, proteína e sólidos totais do leite) das ovelhas e da taxa de crescimento dos cordeiros (PO et al., 2012; PO; XU; CELI, 2012). A suplementação de erva-mate para grandes e pequenos ruminantes resultou em menor estresse oxidativo e melhorou seu desempenho produtivo e reprodutivo (BARBATO et al., 2019; MAZUR et al., 2019). Finalmente, na qualidade da carne em bovinos de corte e aves, demonstrou ser um aditivo que melhora a estabilidade oxidativa, valor nutritivo e qualidade sensorial (GARCIA et al., 2019; RACANICCI et al., 2011; ZAWADZKI et al., 2017).

Até onde sabemos, existem informações limitadas sobre a erva-mate e sua implicação na qualidade da carne (CERIBELI et al., 2018; VIDAL et al., 2014; ZAWADZKI et al., 2017) e ainda menos em ovinos, exigindo mais estudos para entender melhor os mecanismos de ação da erva-mate. Nossa hipótese, é que a inclusão de YME na dieta poderia alterar positivamente o status antioxidante do músculo durante o período de exposição no varejo e, consequentemente, os parâmetros de qualidade da carne (cor, oxidação de lipídios e proteínas) de cordeiro. Este estudo teve como objetivo investigar

o efeito dos níveis de inclusão de YME na dieta de cordeiros sobre as características de qualidade da carne, atividade antioxidante e prazo de validade.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo, campus Fernando Costa, Pirassununga/SP, Brasil (21°57'02"S, 47°27'50"W). A Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da FZEA/USP (Número de protocolo CEUA 3497040618) aprovou todos os procedimentos com animais.

2.2.1 Dietas, desenho experimental e manejo animal

Foram utilizados 36 cordeiros machos não castrados do cruzamento industrial [(Texel x Santa Inês) x Dorper], com peso inicial médio de 23,90 ± 3,67 kg e idade aproximada de três meses. Todos os animais foram tratados contra parasitas internos e externos usando um medicamento comercial com cloridrato de levamisole como ingrediente ativo, seguindo as recomendações de dose do fabricante. Os cordeiros foram mantidos em baias individuais (60 cm de largura por 110 cm de comprimento) com acesso à água e ao alimentador. O piso das baias era suspenso (80 cm de altura) em placas de plástico, o que permitia a passagem de fezes e urina para um piso de concreto.

Os animais foram divididos em nove blocos, sendo que cada bloco contava com quatro animais com peso inicial semelhante. Os quatro animais em cada bloco foram distribuídos aleatoriamente em um dos quatro tratamentos, seguindo um desenho de blocos ao acaso, onde cada tratamento tinha nove animais. Os tratamentos dietéticos não incluíram YME (0%) e três tratamentos com 1, 2 e 4% YME de inclusão com base na matéria seca (MS), usando caulim de qualidade alimentar como ingrediente inerte. Todos os animais receberam dieta controle por três dias e, no quarto dia, os animais foram alimentados com as dietas predeterminadas para um ensaio de crescimento de 50 dias.

O alimento foi formulado com base no National Research Council (2007), com uma relação concentrado:forragem de 60:40, base na matéria seca (MS), tendo silagem de milho (*Zea mays* spp) e concentrado a base de grão de milho, farelo de soja e mistura mineral para ovinos (Tabela 1). A dieta foi oferecida duas vezes ao dia, às 08h e 16h, com disponibilidade de água *ad libitum*. A quantidade da ração oferecida e os dejetos foram coletados diariamente e pesados para determinação da MS, sendo calculado o consumo diário de MS, permitindo 10% das sobras.

2.2.2 Análise química

Os ingredientes da dieta foram analisados segundo a AOAC (1990): matéria seca (DM, método 934,01), cinzas (ASH, método 923,03), extrato etéreo (EE, método 920,85) e fibra bruta (CF, método 978,10). A proteína bruta (CP, método 920.87) foi analisada pelo método de Kjeldahl. A fibra em detergente neutro (FDN) foi analisada de acordo com Mertens (2002) usando o método da enzima amilase. Enquanto a fibra em detergente ácido (FDA) e a lignina (LN) foram feitas de acordo com o método 973.18, avaliadas por Van Soest et al. (1991). A energia bruta (EB) foi medida com bomba calorimétrica (C200 System, IKA, Staufen, Germany). A matéria orgânica (OM) foi calculada subtraindo o conteúdo de cinzas de 100. A composição das dietas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 **-** Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Componente	Tratamentos			
	0%	1%	2%	4%
Ingredientes % MS				
Silagem de milho	40,00	40,00	40,00	40,00
Grão de milho	33,00	33,00	33,00	33,00
Farelo de soja	20,50	20,50	20,50	20,50
Sal	0,15	0,15	0,15	0,15
Fosfato bicálcico	0,15	0,15	0,15	0,15
Mistura mineral[1]	2,20	2,20	2,20	2,20
Extrato de erva-mate	0,00	1,00	2,00	4,00
Caulim[2]	4,00	3,00	2,00	0,00
Composição Química % MS				
Matéria Seca	68,89	68,83	67,77	68,64
Matéria orgânica	89,56	90,43	31,30	93,04
Proteína Bruta	21,46	21,56	21,66	21,87
Extrato etéreo	2,09	2,09	2,09	2,09
Cinzas	13,77	10,85	8,47	7,16
Extrativo não nitrogenado	51,90	52,69	53,49	55,07
Fibra Bruta	13,87	13,88	13,88	13,88
FDA	18,19	18,20	18,20	18,22
FDN	34,53	34,54	34,54	34,56
Lignina	4,48	4,48	4,48	4,48
Energia bruta kcal/kg)	4,19	4,23	4,27	4,35

[1]Mistura mineral: O núcleo utilizado foi o GuabiPhos® com os seguintes níveis de garantia por quilograma de produto: Cálcio (máximo) - 150g, Cálcio (mínimo) - 130g, Fósforo (mínimo) - 65g, Sódio (mínimo) - 130g, Flúor (máximo) - 650mg, Enxofre (mínimo) - 12g, Magnésio (mínimo) - 10g, Ferro (mínimo) - 5000mg, Iodo (mínimo) - 60mg, Selênio (mínimo) - 10mg, Vitamina A (mínimo) - 50000 U.I., Vitamina E (mínimo) - 312 U.I; [2]Caulim: Também chamado de veículo Qsp, é inerte e não tem valor nutricional, usa-se para completar o 100% da ração.

O extrato da erva-mate (YME), foi produzido pelo Centro Flora, Botucatu, São Paulo, Brasil, a partir de folhas frescas de *Ilex paraguariensis* A. St-Hil. com uma relação água:etanol 75:25 v/v, extração a 90˚C, concentração fenólica total de 21,7 g GAE/100g extrato e concentração de cafeína de 6% (w/w). O extrato dado aos animais desta pesquisa foi o mesmo produto utilizado anteriormente por Zawadzki et al. (2017), cuja caracterização completa de compostos fenólicos é relatada usando uma análise por espectrometria de massa de ionização por cromatografia líquida de ultra-performance com eletropulverização. Dentre os compostos fenólicos na composição química do YME encontraram-se os seguintes (expressos em mg/g): ácido clorogênico, 12,30 ± 0,01; ácido 1,5-dicafeoilquinoico, 6,01 ± 0,01; ácido cafeico, 0,813 ± 0,002; ácido ferúlico, 0,0545 ± 0,0008; e ácido gálico, 0,018 ± 0,004. O pó de YME foi misturado com o concentrado no momento da fabricação da ração, e na hora de fornecer a alimentação aos animais este foi misturado com a silagem. A composição química das dietas experimentais e YME foram apresentados e discutidos em um artigo complementar (LOBO et al., 2020).

2.2. 3 Abate, amostragem e armazenamento

Os cordeiros foram mantidos no confinamento por 53 dias, abatidos com um peso corporal de 39 ± 0.93 kg, no abatedouro da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), Campus Fernando Costa em Pirassununga/SP. Os animais permaneceram em jejum de sólidos por 16 horas, recebendo apenas dieta hídrica *ad libitum*. Os procedimentos de abate foram realizados de acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1997). As amostras do músculo *Longissimus thoracis* (LT) (12 g) foram coletadas 45 min após o abate usando uma punção de biópsia, embaladas em papel alumínio e congeladas em nitrogênio líquido, para a análise de enzimas antioxidantes incluindo catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), glutationa peroxidase (GPX) e glutationa reduzida (GSH). O peso médio da carcaça quente foi de 17.7 ± 0.48 kg (LOBO et al., 2020). As carcaças foram resfriadas a 2 °C por 24 horas, após as quais foram divididas longitudinalmente, e o

músculo LT direito (entre 10 e 12 costelas) foi extraído para análise da qualidade da carne. Mais detalhes sobre métricas de carcaça e rendimento foram descritos em um artigo complementar (LOBO et al., 2020).

2.2.4 Análises da carne

Após a remoção do LT da carcaça, este foi dividido em seis bifes. Três bifes foram usados para a análise da oxidação lipídica (cada uma com 1,5 cm de espessura) e as outras três foram usadas para avaliar a oxidação de proteínas (1,5 cm de espessura). Os bifes foram embalados em bandejas de poliestireno, cobertas com filme plástico e, em seguida, as amostras foram colocadas em um refrigerador comercial (Auden Modelo Vega 125 L x C) com iluminação (Philips TL-D 58 W / 33-640 1SL / 25) nas colunas laterais para um estudo de validade de 0, 3 e 6 dias a 4 ± 2 °C, simulando as condições de exibição no varejo; as bandejas não foram giradas durante a avaliação. A mensuração do pH, cor instrumental, oxidação de lipídios e proteínas da carne foi conduzida para os três períodos em todos os tratamentos (isto é, 0, 1, 2 e 4% YME). Nos dias de amostragem, os bifes foram desembalados, submetidos à análise de pH e cor, após foram embalados em papel alumínio e armazenados a -20°C para posteriores análises.

2.2.4.1 Mensuração de pH e cor instrumental

A avaliação foi realizada utilizando um pHmetro portátil com sonda de penetração (Modelo HI 99163, Marca Hanna®), previamente calibrado. As mensurações foram realizadas nas amostras depois de retirar a embalagem nos diferentes tempos de exposição.

A análise da cor foi realizada em três pontos distintos no músculo e exposto ao ar atmosférico por 30 minutos, utilizando um colorímetro (modelo Miniscan EZ, marca Hunter Lab), previamente calibrado para observação do iluminante D65, em um ângulo de 10º e uma abertura de obturador de 10 mm. Empregou-se o sistema CIELAB (2004) para determinação dos componentes da cor L* (luminosidade, 0 = preto, 100 = branco), a* (componente verde (-) ao vermelho (+)) e b* (componente azul (-) ao amarelo (+))

(HOUBEN et al., 2000). Também foram estabelecidos os níveis de ângulo de inclinação (h°) e de croma (C*), calculados como: $h° = \tan^{-1}(b^*/a^*) \times (180/\pi)$ expresso em graus e $C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$. As medições de cores foram registradas no visor de 0, 3 e 6 dias.

2.2.4.2 Oxidação de lipídica e de proteínas

A análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada seguindo a metodologia descrita por Sorensen & Jørgensen (1996). Aproximadamente 5 g de cada amostra do músculo LT foi homogeneizada em Turratec (Modelo T10 basic, marca IKA) utilizando 15 mL de solução de TCA (ácido tricloroacético 7,5%, adicionado de sal dissódico EDTA 0,1% e n-propilgalato 0,1%). As leituras de absorbância para amostras e branco ocorreram em espectrofotômetro (Multiskan Go, Marca ThermoScientific) a 530 nm e a 600 nm. Uma curva padrão com 5 pontos foi preparada utilizando-se uma solução de tetraetoxipropano (TEP) de concentração conhecida. A concentração de malonaldeido (MDA) das amostras foram obtidas por meio da equação fornecida pela curva padrão, sendo expressa em mg de MDA por kg de carne.

A oxidação proteica foi determinada pelo uso BioAssay Systems' Carbonyl Assay Kit (código: DCAR-100), método aprimorado, no qual o 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) reage com grupos carbonilas para produzir um composto colorido a 375 nm. A intensidade deste composto colorido é diretamente proporcional aos grupos carbonilas presentes na amostra. Os valores são apresentados em nmol/mg de proteína (BIOASSAY, 2018; WEBER et al., 2015).

2.2.4.3 Atividade de enzimas antioxidantes

As análises das enzimas foram determinadas utilizando kits Bio Assay Systems, de acordo com a metodologia proposta em cada protocolo de extração das amostras (BIOASSAY, 2018). As leituras de absorbância das amostras foram realizadas em espectrofotômetro (Multiskan Go, Thermo Scientific Brand).

A atividade da CAT foi medida usando um kit de ensaio de catalase (código: ECAT-100), o intervalo de detecção do kit foi de 0,2–5 U / L CAT. Este ensaio mede diretamente a degradação da catalase do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) usando um corante redox. A mudança na intensidade da cor em 570 nm ou na intensidade da fluorescência é diretamente proporcional à atividade da catalase na amostra. A atividade da SOD foi medida usando o Superóxido Dismutase Assay Kit (código: ECAT-100); o intervalo de detecção do kit foi de 0,05–3 U / mL SOD. No ensaio, a reação catalisada pela xantina oxidase (XO) fornece superóxido (O_{2-}). O O_{2-} reage com um corante WST-1 para formar um produto colorido. SOD remove O_{2-} portanto, menos O_2- está disponível para a reação cromogênica. A intensidade da cor em 440 nm é usada para determinar a atividade SOD em uma amostra. Em relação, GPX foi medido usando Glutationa Peroxidase Assay Kit GPX (código: EGPX-100); o intervalo de detecção do kit foi de 40 a 800 U/L de atividade GPX. O ensaio mediu diretamente o consumo de fosfato de dinucleotídeo de nicotinamida adenina (NADPH) nas reações de enzima acoplada. A diminuição medida na densidade óptica a 340 nm foi diretamente proporcional à atividade da enzima na amostra. Finalmente, GSH foi medido usando o Glutathione Assay Kit (código: DIGT-250; o intervalo de detecção do kit foi de 0,4–100 μM. Este método melhorado do ácido 5,5'-ditiobis 2-nitrobenzóico (DTNB) combina desproteinização e detecção (reagente A) em um reagente. O DTNB reage com a glutationa reduzida para formar um produto amarelo. A densidade óptica, medida a 412 nm, é diretamente proporcional à concentração de glutationa na amostra.

2.2.5 Análise estatística

Todos os dados foram previamente testados para normalidade, utilizando o procedimento UNIVARIATE (SAS Inst. Inc., Cary, NC) com normalidade das distribuições determinadas pelo teste de Shapiro-Wilk (W). Para as enzimas antioxidantes foi feito um delineamento em blocos inteiramente casualizado com nove repetições por tratamento, seguindo o modelo:

$$\boldsymbol{Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}}$$

Onde: Yij é o valor observado; μ= média geral; Ti= efeito fixo de tratamento; Bj= efeito aleatório do bloco (animal); eij= erro aleatório associado a cada observação.

Para as análises de pH, cor, oxidação de lipídios e proteínas nos tempos foi usado um delineamento em parcelas subdivididas.

$$\boldsymbol{Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + D_{k+} (T_i \ * D_k \ ) + e_{ijk}}$$

Onde Y_{ijk}é o valor observado; μ= média geral; T_i = efeito fixo de tratamento ; D_k = e o tempo em dias; $T_i \ * D_k$ = interação; B_j= efeito aleatório (animal), e e_{ijk}= como erro aleatório associado a cada observação, além disso foi usado o peso vivo antes do abate como covariável.

Todos os dados foram avaliados utilizando o procedimento MIXED (versão 9.4) do pacote estatístico (SAS INSTITUTE INC., CARY, NC, 2017). O efeito de nível foi avaliado pelo uso de polinômios ortogonais, separando efeitos linear, quadrático e cúbico, sobre os atributos físico-químicos e concentrações das enzimas na carne. Como os intervalos entre os tratamentos não foram equidistantes, os coeficientes de contraste foram gerados pelo procedimento da linguagem matricial interativa (IML). Finalmente as médias dos tratamentos foram geradas usando a opção LSMEANS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), sendo declarados significativos em P ≤ 0,05.

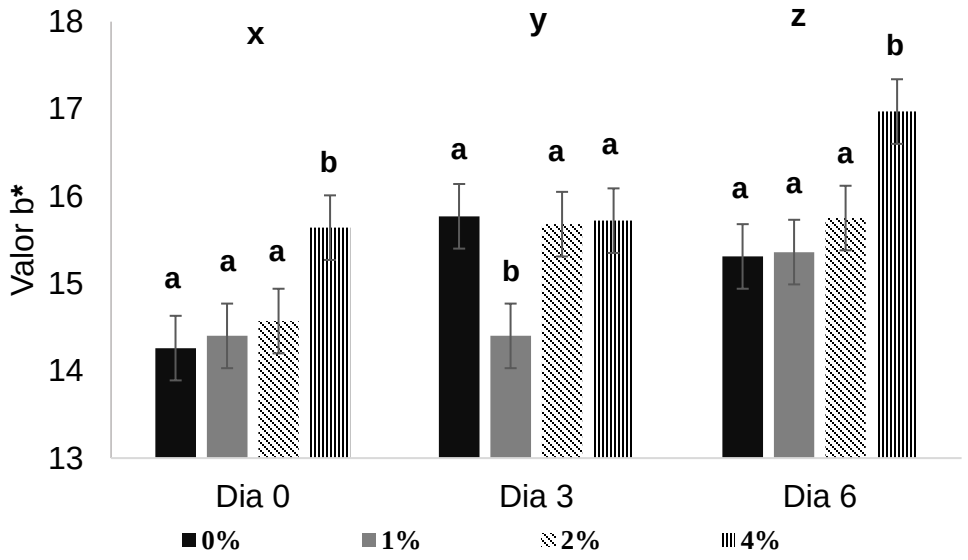
2.3 RESULTADOS

2.3.1 pH e cor instrumental

Os valores de pH foram influenciados significativamente pelo tempo de exposição (P = 0,007) (Tabela 2). No entanto, o tratamento dietético (P = 0,5576) e a interação dieta x tempo (P = 0,087) não afetaram o valor do pH. Todas as caraterísticas da cor na carne foram significativamente influenciadas pelo tempo de exposição (L*, a*, b*, C* e H*).

A intensidade de amarelo na carne foi significativamente afetada pela dieta para os tratamentos com 1 e 4% YME (P = 0,0035), onde o tratamento com 4% YME teve os maiores valores médios para os tempos de armazenamento entre os tratamentos analisados, como pode ser visto na Tabela 2 (Figura 9). Esse efeito foi associado ao aumento linear do tempo de exposição (P = 0,0012). Portanto, as médias de cada tratamento foram utilizadas para gerar um gráfico de tendência linear representado pelas seguintes equações: y = 0,665x + 14,78 (R^2 = 0,7949) para o grupo com YME 1% e Y = 0,16x + 14,24 (R^2 = 0,75) para o grupo com 4% YME. Um aumento linear em C* também foi observado ao longo do tempo de exposição para o tratamento com 4% YME (P = 0,008).

Figura 9 - Efeito da inclusão do YME no parâmetro b* durante o tempo de exibição no varejo.



[a, b] médias com letras distintas entre os tratamentos dentro de cada tempo de exibição de varejo indicam diferenças significativas na dieta (P ≤ 0,05). As médias de [x, y, z] com letras distintas entre os horários de exibição do varejo mostram diferenças significativas (P ≤ 0,05). Fonte: Própria autoria.

Tabela 2 - Efeito do tratamento com YME e do tempo de armazenamento na estabilidade física do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros

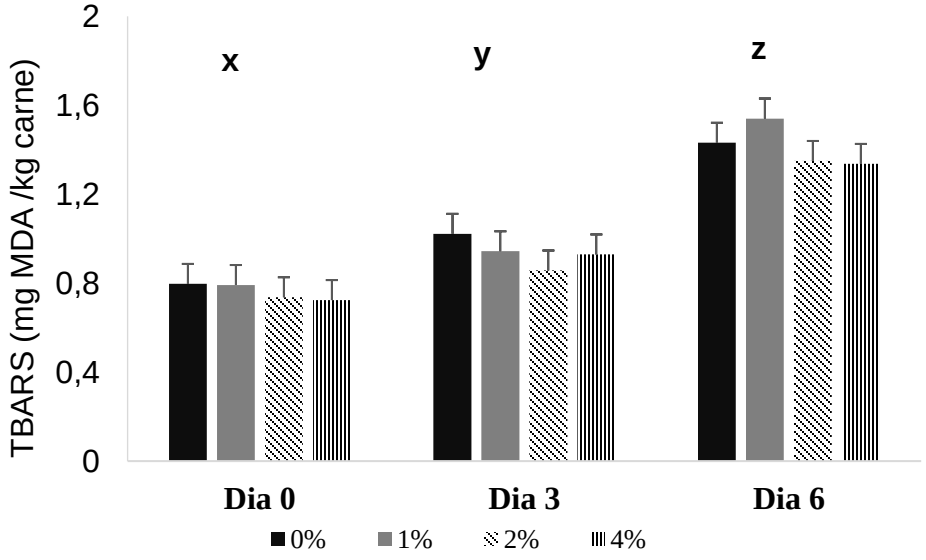
Tempo de exposição (dias)	Dieta (%)	Variáveis[1]							
		pH	*L**	*a**	*b**	*C**	*h**	Tbars	Carbonilas
0	0	5,57	42,77	16,80	14,26	22,05	40,36	0,80	22,36
	1	5,66	41,61	17,29	14,40	22,50	39,72	0,79	23,18
	2	5,40	42,42	16,92	14,57	22,34	40,76	0,74	28,22
	4	5,60	43,2	17,30	15,60	23,30	42,20	0,72	17,20
3	0	5,66	45,16	14,75	15,77	21,62	47,04	1,02	22,96
	1	5,66	43,20	14,20	14,40	20,23	45,00	0,94	29,61
	2	5,67	44,30	14,60	15,70	21,50	47,20	0,86	39,97
	4	5,80	45,41	14,80	15,72	21,63	46,77	0,93	66,22
6	0	5,66	42,69	15,03	15,31	21,50	45,65	1,43	24,98
	1	5,63	43,09	15,39	15,36	21,76	44,93	1,54	20,99
	2	5,68	42,05	16,24	15,75	22,69	44,30	1,35	33,38
	4	5,62	44,55	16,25	16,97	23,53	46,25	1,34	33,29
EPM[2]		0,06	0,86	0,50	0,37	0,52	0,92	0,09	8,9
p value									
Dieta		0,5576	0,1605	0,5747	0,0035	0,040	0,315	0,3879	0,1027
Tempo		<0,0070	<0,0021	<0,0001	<0,0001	<0,0005	<0,0001	<0,0001	0,0256
Dieta x Tempo		0,0873	0,7204	0,6614	0,0997	0,3069	0,6266	0,9007	0,1498
Linear		0,6360	0,1529	0,1757	0,0012	0,0080	0,2329	0,1807	0,0185

[1] L *: Brilho; a*: conteúdo vermelho; b*: conteúdo amarelo; C*: croma; H*: ângulo de matiz; TBARS: mg malonaldeído (MDA/ kg); Carbonilas: nmol/mg de proteína. [2] EPM: erro padrão da média. [a, b,] médias seguidas de letras distintas entre os tratamentos de cada tempo de exposição indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Própria autoria.

2.3.2 Oxidação de lipídios e proteínas

Os valores de oxidação lipídica apresentaram valores médios entre 0,72 e 1,54 ± 0,09 mg de MDA por kg de carne, que aumentaram linearmente com o aumento do tempo de exposição (P= 0,0001) (Figura 10). Além disso, o tratamento dietético (P = 0,3879) e a interação dieta x tempo (P = 0,9007) não tiveram efeito significativo sobre esse parâmetro (Tabela 2). Para a oxidação de proteínas no tempo de exibição de varejo (0, 3 e 6 dias), não houve diferença entre os tratamentos (P = 0,1027). No entanto, os valores de carbonilas foram afetadas pelo tempo de exposição no varejo (P = 0,0256), o que resultou em um efeito linear (P = 0,0185). Apesar desse efeito, não foram encontradas variações significativas na interação dieta x tempo (P = 0,1498).

Figura 10 - Efeito da inclusão de YME nos valores de oxidação lipídica do músculo *Longissimus thoracis* em diferentes tempos de exibição de varejo expressos em mg malonaldeído (MDA) / kg



x, y, z Letras distintas entre os tempos de exposição indicam diferenças significativas (P ≤ 0,05). Fonte: Própria autoria.

2.3.3 Enzimas antioxidantes

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos na quantificação de enzimas antioxidantes na carne de cordeiros alimentados com dietas com inclusão de YME. Não houve diferenças estatisticamente significativas para a atividade enzimática de CAT, GSH, GPX e SOD entre os tratamentos analisados (P ≤ 0,7891). A concentração da enzima GPX aumentou linearmente (P = 0,0316) com a inclusão do YME.

Tabela 3 - Efeito da suplementação com extrato de erva-mate (YME) no status antioxidante de cordeiros

Variaveis[1]	Nivel inclusão YME				EMP[2]	P- Valor[3]	
	0%	1%	2%	4%		Dieta	linear
CAT (U/L)	4,89	5,19	4,49	6,27	0,2	0,56	0,32
GPX (U/L)	103,68	146,4	193,78	341,84	83,88	0,17	0,03
GSH (µM)	60,58	67,05	66,44	60,91	6,00	0,76	0,87
SOD (U/ml)	0,06	0,07	0,06	0,05	0,01	0,79	0,66

[1]CAT: Catalase, GPX: glutationa peroxidase, GSH: atividade glutationa, SOD: superóxido dismutase. [2]EPM: erro padrão da média. [3]valor de p: os valores do tratamento (dieta) e contraste ortogonal (linear) são significativamente diferentes se p ≤ 0,05.

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1 pH e cor instrumental

Os valores observados para o pH estavam dentro da faixa normal (5,50 a 5,80) para carne ovina como relatado anteriormente (PINHEIRO et al., 2009; SAÑUDO; DELFA; CASAS, 1992; ZEOLA et al., 2002; YAGOUBI et al., 2018), indicando acidificação adequada da carne para todos os grupos avaliados. Esses valores também foram semelhantes aos encontrados por Nieto et al. (2010) e Yagoubi et al. (2018), que usaram folhas de alecrim como ração para ovelhas e resíduos de destilação de alecrim em dietas de cordeiros, respectivamente.

O efeito do tempo de exposição era esperado tanto no pH como na cor da carne, posto que, conforme se aumenta o tempo de exposição a carne, torna-se mais susceptível à oxidação alterando os padrões da cor (YOUNG et al., 1999). Embora, não tenham sido encontradas diferenças estatísticas na coloração da carne com a inclusão do YME nas dietas, os valores de L*, a* e b* se encontraram dentro dos parâmetros de normalidade (COSTA et al., 2009; JOHNSON et al., 2005). Os valores de L* em carne de cordeiros estão entre 18,13 e 48,15, em consequência valores elevados de L* mostraram uma coloração mais clara (COSTA et al., 2009; JOHNSON et al., 2005). Deste modo, a carne dos animais usados neste experimento, independentemente do nível de inclusão de YME tiveram uma coloração clara.

A variação do parâmetro b* no presente estudo pode ser explicada pelo tipo de dieta que receberam os animais (MUCHENJE et al., 2009). Dietas baseadas em pastagens, exibem valores de pH finais maiores, junto com baixos valores nos parâmetros de L* e b*, se levarmos em conta que os animais têm maior atividade física, eles terão uma maior concentração de mioglobina no músculo, fazendo que este seja mais escuro (PRIOLO; MICOL; AGABRIEL, 2001). Do mesmo modo, são susceptíveis ao estresse gerado pela falta de contato com pessoas o que pode afetar a qualidade da carne (ANDERSEN et al., 2005). Em contraste, animais alimentados com dietas que contêm concentrado, como aconteceu neste estudo, exibem pH baixos o qual é correlacionado de maneira negativa com os valores de b* (VESTERGAARD et al., 2000).

Apesar disso, o aumento observado nos valores de b* podem ser devidos aos processos oxidativos que produzem pigmentos *Schiff* (por exemplo, lipofusquina) a partir de complexos lipídicos e proteicos (CHELH; GATELLIER; SANTÉ-LHOUTELLIER, 2007), mas esta variação foi positivamente relacionada com a apreciação sensorial da degradação da cor na carne (INSAUSTI et al., 2008).

2.4.2 Oxidação de lipídios e proteínas

A oxidação lipídica está relacionada à descoloração da carne (FAUSTMAN et al., 1989), e com o acúmulo de compostos carbonilas, dado pela oxidação de ácidos graxos insaturados e fosfolipídios na carne. O que está relacionado ao mesmo tempo com a oxidação da mioglobina na carne fresca (RODAS-GONZÁLEZ et al., 2011).

Em estudo realizado com carne bovina, Greene e Cumuze (1981) determinaram a relação existente entre os valores de TBARS e a inexperiência sensorial das avaliações do sabor lipídico oxidado, mostrando que uma faixa de MDA de 0,6-2,0 era necessária para os participantes do painel detectarem sabores oxidados na carne. Por outro lado, Campo et al. (2006) afirmaram que somente a partir de 2,0 mg de MDA/kg de tecido, poderia ser detectada o ranço da carne pelos consumidores. Em razão disso, Ripoll (2011) afirmou que o limiar para a aceitabilidade da carne oxidada varia de acordo com o animal e com o estudo, podendo considerar-se um limite de aceitabilidade de 1 mg de MDA/kg carne. Sendo mais adequado este valor para carne de cordeiro do que os limites mais altos considerados para carne de bovino.

Mesmo assim, os resultados obtidos neste estudo, são considerados baixos mas dentro da normalidade, apresentando valores entre 0,72 e 1,54 ± 0,09 mg de MDA/kg de carne, valores inferiores ou similares ao serem comparados com outros estudos como o de Parvar et al. (2018), Salami et al. (2019) e Chikwanha et al. (2019) que avaliaram o uso de produtos naturais que tem na sua composição compostos fenólicos.

Por conseguinte, a inexistência do efeito de tratamento com YME pode estar associada com baixos valores de pH encontrados no presente estudo, o que se traduz em uma maior estabilidade detectada na cor vermelha (a*). Isto foi relacionado com uma diminuição no processo oxidativo (NIETO et al., 2010), refletindo nos valores encontrados para o conteúdo do TBARS. Valores baixos no conteúdo do TBARS têm sido associados de maneira positiva, devido ao incremento dos PUFA (n6-n3 ou ambos) na carne de

cordeiros alimentados com produtos ricos em compostos fenólicos (CHIKWANHA et al., 2019).

As modificações químicas das proteínas no processo oxidativo incluem a perda de grupos sulfidrila, formação de cetonas ou aldeídos e oxidação dos aminoácidos, que dependem em grande medida de sua posição dentro da cadeia (SUZUKI; CARINI; BUTTERFIELD, 2010). Certos aminoácidos, particularmente cisteína, tirosina, fenilalanina, triptofano, histidina, prolina, arginina, lisina e metionina, rapidamente se convertem em derivados de carbonila, já que são mais suscetíveis a espécies reativas de oxigênio (FU et al., 2014). Na exposição dos aminoácidos à oxidação, a formação de carbonila é considerada um indicador geral útil para avaliar o nível de oxidação de proteínas na carne (LUND et al., 2011; SANTÉ-LHOUTELLIER et al., 2008).

Os valores observados para carbonilas, podem ser considerados elevados ao compará-los com os resultados obtidos por Chikwanha et al. (2019), que estudaram diferentes níveis de inclusão do bagaço de uva na alimentação de cordeiros e com o trabalho de Santé-Lhoutellier et al. (2008) os quais avaliaram o efeito da dieta com concentrado ou pasto sobre o armazenamento e a oxidação de proteínas miofibrilares.

As reações oxidativas podem ser transferidas facilmente dos lipídios às proteínas, mostrando uma forte interação entre eles (ESTÉVEZ, 2011), posto que os lipídios oxidantes podem reagir com as proteínas mediante radicais livres e iniciar a oxidação das proteínas (UTRERA; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2014). Este fenômeno pode auxiliar na resposta dos valores obtidos nas carbonilas e o TBARS no presente estudo, mostrando uma correlação positiva entre eles. Concluindo-se que na medida que um aumenta sua concentração a outra o faz também.

Conforme ao indicado por Estévez (2011), medir o teor de carbonila não permite avaliar o dano oxidativo como um todo. Mercier, Gatellier e Renerre (2004) têm a hipótese de que apenas determinados aminoácidos produzem grupos carbonila, e outros, como tirosina e triptofano, podem ser oxidados sem produzir formas carbonílicas demonstrando

que o conteúdo dos compostos carbonilas não representam toda a extensão do processo de oxidação. Em consequência, métodos mais específicos foram propostos, os quais são baseados na detecção de proteínas carboniladas usando Western blots e o semialdeído γ-glutamínico (GGS), que permitem a identificação de proteínas oxidadas individuais (GROSSI et al., 2014). Também são considerados indicadores adequados de oxidação de proteínas, porque representam até 60% do total de compostos carbonílicos em sistemas alimentares (UTRERA; ESTEVEZ, 2013).

Até o momento, os valores limiares para o teor de carbonila na carne não foram estabelecidos (CHIKWANHA et al., 2019). Esta área de estudo merece mais pesquisas devido a que a oxidação das proteínas tem efeitos negativos não só sobre detrimento da cor e textura, mas também, à perda de nutrientes como aminoácidos essenciais e a diminuição da sua digestibilidade (GUYON; MEYNIER; DE LAMBALLERIE, 2016).

2.4.3. Enzimas antioxidantes

A análise de enzimas antioxidantes CAT, GPX GSH e SOD são importantes, pois elas constituem uma barreira intracelular endógena contra os radicais livres, sendo sua atividade modulada por diversos fatores como o estresse, lesão celular ou abate (DESCALZO; SANCHO, 2008). Essas enzimas atuam para transformar espécies reativas em produtos não radicais e não tóxicos (SURAI, 2015). Segundo o estudo de Berté et al. (2011) que avaliaram a atividade antioxidante da erva-mate, descobriram que esta pode ser expressa como atividade semelhante à catalase, o que foi relacionada ao conteúdo total de polifenóis, mas o extrato não apresentou atividade do tipo superóxido dismutase, motivo pelo qual, esperava-se que a catalase exibisse diferenças com a inclusão do YME.

SOD e CAT são enzimas acopladas, o SOD inativa a forma de peróxido de hidrogênio, que transforma o CAT em H_2O e oxigenar o reativo (GATELLIER; MERCIER; RENERRE, 2004; INSANI et al., 2008). Por este motivo, seria possível imaginar que devem ter valores similares na sua atividade, mas este fato aconteceu somente no

tratamento com 1% de YME, observando-se que à medida que incrementa o valor de CAT, o SOD também o faz.

A GPX decompõe tanto o peróxido de hidrogênio quanto os lipoperóxidos formados durante a oxidação de lipídios (GATELLIER; MERCIER; RENERRE, 2004). Consequentemente, seria de se esperar que a concentração estivesse associada ao processo oxidativo na carne. Considerando que a GPX é uma enzima selenodependente, que utiliza a glutationa como cofator, a diminuição em sua concentração pode estar associada à depleção de seus cofatores, ou à oxidação de proteínas e lipídios durante o período de exposição no varejo, por sua vez, pode indicar uma deterioração na cor vermelho e amarelo da carne. De acordo com as informações anteriores, o aumento da atividade do GPX, nesta pesquisa, está relacionado aos baixos valores de TBARS e à maior estabilidade registrada na coloração da carne ovina.

Uma resposta a ausência de diferenças no uso do YME pode ser explicada dado que após o abate do animal, todas as células entrariam em anoxia e esgotariam seus nutrientes. Nestas condições, a atividade enzimática pode ser considerada apenas para o remanescente no início da morte celular, por esse motivo, pesquisas sobre atividade antioxidante na carne mostram resultados diversos (DESCALZO; SANCHO, 2008), embora a atividade de algumas enzimas pode diferir entre espécies e dentro das espécies. Portanto, as variações nas atividades das enzimas entre distintos tipos de grupos genéticos podem gerar diferenças na estabilização oxidativa da carne (HERNÁNDEZ et al., 2004). No entanto, este extrato mostrou atividade antioxidante *in vivo*, o que está de acordo com o estudo de Lobo et al. (2020), que adicionou erva-mate às dietas de cordeiros, relatando uma melhora no status antioxidante.

2.5 CONCLUSÃO

Com base nas descobertas atuais, o YME pode ser adotado como ingrediente alimentar até um 4% nas dietas de cordeiros como estratégia para melhorar a aparência visual da carne, o que é um fator que influencia significativamente a aceitação do

consumidor. Níveis de até 4% de YME não mostraram efeitos negativos nas características de qualidade da carne, nem nos valores de lipoperoxidação durante um tempo de exibição no varejo de 6 dias, mantendo a estabilidade oxidativa da carne. Em estudos futuros, deve-se continuar avaliando o uso potencial do YME, como antioxidante, nas características de qualidade dos produtos cárneos resultantes, visto que há pouca informação científica sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, H. J. et al. Feeding and meat quality - a future approach. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 543–554, 2005.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington, VA: The Association, 1990.

BAÑÓN, S.; MÉNDEZ, L.; ALMELA, E. Effects of dietary rosemary extract on lamb spoilage under retail display conditions. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 3, p. 579–583, 2012.

BARBATO, O. et al. Dietary supplementation of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) during the dry period improves redox balance in lactating dairy cows. **Antioxidants**, Basel, v. 8, n. 2, p. 38, 2019.

BASTOS, D. H. M. et al. Phenolic antioxidants identified by ESI-MS from yerba maté (Ilex paraguariensis) and green tea (*Camelia sinensis*) extracts. **Molecules**, Basel, v. 12, n. 3, p. 423–432, 2007.

BENDER, A. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. **FAO Food and Nutrition Paper**, Rome, v. 53, p. 1–91, 1992.

BERTÉ, K. A. S. et al. Chemical composition and antioxidant activity of yerba-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil., Aquifoliaceae) extract as obtained by spray drying. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 10, p. 5523–5527, 2011.

BIOASSAY. **BioAssay systems hayward**. 2018. Disponível em: http://www.bioassaysys.com. Acesso em: 10 jan. 2020.

BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 136, n. 3, p. 378–384, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Food of animal originsanitaryandindustryinspection. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1997.

BURRIS, K. P. et al. Composition and bioactive properties of Yerba Mate (*Ilex*

paraguariensis A. St.-Hil.): a review. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 72, n. 2, p. 268–275, June. 2012.

CAMPO, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 2, p. 303–311, 2006.

CERIBELI, C. et al. Mate as dietary supplement for broiler chickens: Effect on the metabolic profle and redox chemistry of meat. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 29, n. 11, p. 2266–2277, 2018.

CHELH, I.; GATELLIER, P.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V. Characterisation of fluorescent Schiff bases formed during oxidation of pig myofibrils. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 2, p. 210–215, 2007.

CHIKWANHA, O. C. et al. Effects of feeding increasing levels of grape (*Vitis vinifera cv. Pinotage*) pomace on lamb shelf-life and eating quality. **Meat Science**, Barking, v. 157, n. March, art. 107887, 2019.

CHOE, E.;MIN, D. B. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 8, n. 4, p. 345–358, 2009.

CIE. **Colorimetry.** 3rd ed. Vienna: CIE, 2004. 24 p. v. 552. (CIE Technical Report).

COSTA, R. G. et al. Physical and chemical characterization of lamb meat from different genotypes submitted to diet with different fibre contents. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 29–34, 2009.

DESCALZO, A. M.; SANCHO, A. M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 3, p. 423–436, 2008.

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: a review. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 3, p. 259–279, 2011.

FAUSTMAN, C. et al. Improvement of pigment and lipid stability in holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 4, p. 858–862, 1989.

FU, Q. QUAN et al. Effects of different packaging systems on beef tenderness through protein modifications. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 8, n. 3, p. 580–588, 2014.

GARCIA, R. G. et al. Dietary yerba mate (*Ilex paraguariensis*) influences lipid profile of broiler meat. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 20, p. 1–14, 2019.

GATELLIER, P.; MERCIER, Y.; RENERRE, M. Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. **Meat Science**, Barking, v. 67, n. 3, p. 385–394, July. 2004.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Barking, v. 43, n. suppl. 1, p. 111–123, 1996.

GREENE, B. E.; CUMUZE, T. H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists'assessments of oxidized flavor in cooked beef. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 1, p. 52–54, Jan. 1981.

GROSSI, A. et al. High pressure treatment of brine enhanced pork semitendinosus: Effect on microbial stability, drip loss, lipid and protein oxidation, and sensory properties. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin, v. 22, p. 11–21, 2014.

GÜLÇIN, I. Antioxidant activity of food constituents: An overview. **Archives of Toxicology**, Heidelberg, v. 86, n. 3, p. 345–391, 2012.

GUYON, C.; MEYNIER, A.; DE LAMBALLERIE, M. Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 50, p. 131–143, 2016.

HAJJI, H. et al. Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 48, p. 102–110, 2016.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 16, n. 1, p. 33–50, 1996.

HERNÁNDEZ, P. et al. Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 3, p. 525–529, Mar. 2004.

HOUBEN, J. H. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 3, p. 331–336, 2000.

INSANI, E. M. et al. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 3, p. 444–452, 2008.

INSAUSTI, K. et al. Multivariate study of different beef quality traits from local Spanish cattle breeds. **Animal**, Cambridge, v. 2, n. 3, p. 447–458, 2008.

INSERRA, L. et al. Dietary citrus pulp reduces lipid oxidation in lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 4, p. 1489–1493, Apr. 2014.

JAISWAL, R. et al. Profiling and characterization by LC-MSnof the chlorogenic acids and hydroxycinnamoylshikimate esters in maté (*Ilex paraguariensis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 9, p. 5471–5484, 2010.

JOHNSON, P. L. et al. Carcass composition and meat quality differences between pasture-reared ewe and ram lambs. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 2, p. 383–391, 2005.

KÖKSAL, E.; GÜLÇIN, İ. Antioxidant activity of Cauliflower (*Brassica oleracea L*.): discovery service for Allameh Tabatabai University. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, Turkey, v. 32, n. 1, p. 65–78, 2008.

LIU, Q.; LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73, n. 10, p. 3131–3140, 1995.

LOBO, R. R. et al. Inclusion of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) extract in the diet of growing lambs : effects on blood parameters , animal performance , and carcass traits. **Animals,** Basel, v. 10, n. 6, p. 961, 2020.

LUCIVÂNIA, A. et al. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão Quality of goats and lambs meat : a review. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v. 8, n. 3, p. 11-17, jul./set. 2012.

LUND, M. N. et al. Protein oxidation in muscle foods: A review. **Molecular Nutrition and Food Research**, Weinheim, v. 55, n. 1, p. 83–95, 2011.

MAZUR, M. et al. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) supplementation on oxidative stress in ruminants. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Santiago of chile, v. 79, n. 2, p. 316–322, 2019.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, Oxford, v. 85, p. 1217–1240, 2002.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review food chemistry. **Food Chemistry**, Barking, v. 112, n. 2, p. 279-289, 2009.

NIETO, G. et al. Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis ssp. gracilis*) leaves in ewes' diet. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 1, p. 82–88, 2010.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of small ruminants**: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: The National Academies Press, 2007. 384 p.

PARENTE, M. O. M. et al. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. **Meat Science**, Barking, v. 160, n. March 2019, p. 107971, Feb. 2020.

PARVAR, R. et al. Effect of Ferulago angulata (Chavil) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 167, n. August, p. 48–54, 2018.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 9, p. 1790–1796, set. 2009.

PO, E.; XU, Z.; CELI, P. The effect of Yerba Mate (*Ilex paraguarensis*) supplementation on the productive performance of dorper ewes and their progeny. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Korea, v. 25, n. 7, p. 945–949, 21 jun. 2012.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. **Animal Research**, Les Ulis, v. 50, n. 3, p. 185–200,

2001.

RACANICCI, A. M. C. et al. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: Performance and oxidative stability of meat. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 232, n. 4, p. 655–661, 2011.

RIPOLL, G.; JOY, M.; MUÑOZ, F. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 87, n. 1, p. 88–93, 2011.

RODAS-GONZÁLEZ, A. et al. Evaluation of the storage life of vacuum packaged Australian beef. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 1, p. 128–138, 2011.

SALAMI, S. A. et al. Influence of dietary cardoon meal on growth performance and selected meat quality parameters of lambs, and the antioxidant potential of cardoon extract in ovine muscle homogenates. **Meat Science**, Barking, v. 153, n. March, p. 126–134, 2019.

SANTÉ-LHOUTELLIER, V. et al. Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and in vitro digestibility. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 4, p. 777–783, Aug. 2008.

SANTOS, F. S. et al. Intake, digestibility and milk production and composition of dairy cows fed different levels of Yerba Mate in the diet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 230, n. May, p. 70–76, 2017.

SAÑUDO, C. A.; DELFA, R.; CASAS, M. Influencia del genótipo en la calidad de la carne del ternasco de Aragón. In: JORNADAS CIENTÍFICAS DE LA SOCIEDADE ESPÃNOLA DE OVINOTECNIA Y CAPRINOTECNIA, 1992. **Resumem...** 1992. p. 473–479.

SAS INSTITUTE INC. **SAS® 9.4**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2017. p. 1–8.

SMETI, S. et al. Effects of dose and administration form of rosemary essential oils on meat quality and fatty acid profile of lamb. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 158, p. 62–68, 2018.

SOBRINHO, A. G. S. et al. **Produção de carne ovina**. Jabuticabal- SP: FUNE, 2008.

SORENSEN, G.; STORGAARD JØRGENSEN, S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 202, n. 3, p. 205–210, 1996.

SURAI, P. Silymarin as a natural antioxidant: an overview of the current evidence and perspectives. **Antioxidants,** Basel, v. 4, p. 204–247, 2015.

SUZUKI, Y. J.; CARINI, M.; BUTTERFIELD, D. A. Protein carbonylation. **Antioxidants & Redox Signaling**, Larchmont, v. 12, n. 3, p. 323-5, 2010.

UTRERA, M.; ESTEVEZ, M. Impact of trolox, quercetin, genistein and gallic acid on the oxidative damage to myofibrillar proteins: the carbonylation pathway. **Food Chemistry**, Barking, v. 141, n. 4, p. 4000–4009, 2013.

UTRERA, M.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Temperature of frozen storage affects the nature and consequences of protein oxidation in beef patties. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 3, p. 1250–1257, 2014.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTON, J.; LEWIS, B. Polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.

VESTERGAARD, M. et al. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 54, n. 2, p. 187–195, 2000.

VIDAL, M. P. et al. Meat quality of beef from Nellore steers fed yerba mate supplemented diets. In: International Congress Of Meat Science And Technology**,** 60., 2014, Punta Del Este. **Abstracts…** Punta Del Este, 2014. p. 3–6.

WANG, Z. et al. Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. **Meat Science**, Barking, v. 146, p. 131-139, 2018.

WEBER, D. et al. Determination of protein carbonyls in plasma , cell extracts , tissue homogenates , isolated proteins: focus on sample preparation and derivatization conditions. **Redox Biology**, Amsterdam, v. 5, p. 367–380, 2015.

YAGOUBI, Y. et al. Rosemary distillation residues reduce lipid oxidation, increase alpha-tocopherol content and improve fatty acid profile of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 136, p. 23–29, Feb. 2018.

YOUNG, O. A. et al. Effects of rigor attainment temperature on meat blooming and colour on display. **Meat Science**, Barking, v. 52, n. 1, p. 47–56, 1999.

ZAHID, M. A. et al. Effects of clove extract on oxidative stability and sensory attributes in cooked beef patties at refrigerated storage. **Meat Science**, Barking, v. 161, p. 107972, 2020.

ZAWADZKI, A. et al. Mate extract as feed additive for improvement of beef quality. **Food Research International**, Essex, v. 99, p. 336–347, Sept. 2017.

ZEOLA, N. M. B. et al. Influência de diferentes níveis de concentrado sobre a qualidade da carne de cordeiros Morada Nova. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 97, n. 554, p. 175–180, 2002.

ZHAO, J. S.; DENG, W.; LIU, H. W. Effects of chlorogenic acid-enriched extract from Eucommia ulmoides leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers. **Poultry Science**, Ithaca, v. 98, n. 7, p. 3040–3049, July. 2019.

ZHONG, R. Z. et al. Effects of dietary supplementation with green tea polyphenols on digestion and meat quality in lambs infected with Haemonchus contortus. **Meat Science**, Barking, v. 105, p. 1–7, July. 2015.

CAPÍTULO III

EXTRATO DE ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS: EFEITO NO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DA CARNE

RESUMO

Este experimento avaliou os efeitos do extrato de erva-mate (YME) na alimentação de cordeiros como antioxidante natural sobre o perfil de ácidos graxos, caraterísticas físicas e sensoriais na carne de 36 cordeiros alimentados por 53 dias. Os animais seguiram um delineamento em blocos inteiramente casualizado, com um grupo controle sem YME (0%) e três grupos com 1, 2 e 4% de inclusão de YME na matéria seca (MS). A inclusão de YME não afetou as características de qualidade da carne, melhorando o valor de b* (P = 0,004) para o tratamento com 4% de YME, assim como os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) exibiram efeito de dieta (P = 0,009) para o mesmo grupo. Na análise sensorial, a maciez apresentou melhor avaliação para o grupo com 2% de extrato (P = 0,008). Deste modo, conclui-se que níveis entre 2 e 4% aprimoram a composição da carne e sua aceitação geral, recomendando-se seu uso em dietas de cordeiros.

Palavras chave: Antioxidante; ácidos graxos; poli-insaturados; atributos sensoriais; saúde humana.

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effects of yerba mate extract (YME) on lamb feed as natural antioxidant. Thirty-six lambs were used, according to a block design, with a control group without YME (0%) and three groups with 1, 2 and 4% of YME inclusion in dry matter, the animals were fed these diets for 53 days. Samples of the *Longissimus thoracis* muscle were collected analyzing meat quality, fatty acid profile (FA), and sensory characteristics. The use of the extract, influenced the value of b* (P = 0.004) for the treatment with 4% of YME, as well as the branched-chain fatty acids (BCFA), exhibited a diet effect (P = 0.009) for the same group. In the sensorial analysis, softness showed a better evaluation for the group with 2% of extract (P = 0.008). It is concluded that levels between 2 and 4% have positively modified the composition of the meat and its general acceptance, being recommended to be used in lamb´s diets.

Key words: Antioxidant, polyunsaturated fatty acids, human health, sensorial attributes.

3.1 INTRODUÇÃO

A carne é um alimento de origem animal, fonte de proteínas de alto valor biológico e rica em vitaminas do complexo B e minerais de alta biodisponibilidade como ferro e zinco, indispensáveis na dieta humana (BENDER, 1992). Embora a carne seja um item essencial em uma dieta equilibrada, o alto consumo deste alimento, principalmente se contiver excesso de gordura, tem sido apontado como um fator preocupante. As carnes, especialmente as vermelhas e as processadas possuem alta concentração de colesterol, ácidos graxos saturados e sódio, estando assim associadas à incidência de doenças cardiovasculares e até mesmo de câncer (BOADA; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ; LUZARDO, 2016; CHIKWANHA et al., 2018).

Neste sentido, os consumidores estão cada vez mais conscientes da inter-relação entre dieta, saúde e bem-estar geral, tendendo a procurar alimentos com propriedades promotoras de saúde, exigindo qualidade e segurança da carne, o que exige adaptação contínua nos sistemas de produção animal (VIDAL et al., 2014; WANG et al., 2018).

Recentemente, um crescente interesse no estudo de antioxidantes naturais na alimentação animal vem sendo explorado, os quais contêm metabólitos secundários como os ácidos fenólicos e flavonoides (KAMEL et al., 2018; ZHAO et al., 2018). Compostos que atuam na seleção de microrganismos no rúmen, modificando a composição do perfil de ácidos graxos (PAG) na carne (BEKHIT et al., 2003; KASAPIDOU et al., 2012; RIBEIRO et al., 2019), resultando na inibição de processos oxidativos, mantendo a qualidade e segurança sensorial dos produtos alimentícios (WANG et al., 2018; YAGOUBI et al., 2018).

A finalidade do uso destes compostos naturais nas dietas animais, além de melhorar o status oxidativo é diminuir a concentração de ácidos graxos saturados (AGS), relacionados com doenças cardiovasculares e aumentar o conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI). Especialmente o ômega 3, o ácido linoleico conjugado (CLA, C18:2c9t11) e os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) produtos da

biohidrogenação incompleta de lipídios poli-insaturados no rúmen (SHINGFIELD; BONNET; SCOLLAN, 2013). Além disso, o CLA é associado com inúmeros efeitos benéficos para a saúde (COSTA et al., 2011; PARIZA; PARK; COOK, 2001; TAPIERO et al., 2002). Neste ponto, a carne ovina apresenta vantagens comparativas na sua composição em relação a outros tipos de carnes, possuindo maior proporção de AGPI em referência aos AGS (50 mg /100 mg de ácido graxo) quando comparados com a carne bovina (38 mg /100 mg) e carne suína (22 mg/ 100 mg) (FERGUSON, 2010; WOOD et al., 1999). Esta maior proporção de AGPI é um fator benéfico para a saúde, uma vez que ajuda a reduzir níveis de colesterol no sangue, mas também pode reduzir a estabilidade oxidativa da carne ovina (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996; HAJJI et al., 2016).

Neste contexto, a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) uma planta perene da família *Aquifoliaceae*, nativa da região subtropical da América do Sul, constitui um exemplo importante como agente antioxidante (BURRIS et al., 2011; HECK; DE MEJIA, 2007). A erva-mate contém notável quantidade de compostos fenólicos principalmente ácidos clorogênicos, aos que são atribuídos efeitos antioxidantes, tendo a capacidade de combater radicais livres, podendo diminuir a incidência de câncer e doenças cardiovasculares (LUCIVÂNIA et al., 2012).

Na indústria alimentar a erva-mate é usada como antioxidante natural, a fim de evitar a peroxidacão lipídica, uma das principais causas da deterioração e rejeição dos alimentos por parte dos consumidores (BASTOS et al., 2007; PEREIRA, 2014). Apesar das propriedades da erva-mate, poucos estudos na área de qualidade da carne foram realizados (CERIBELI et al., 2018; ZAWADZKI et al., 2017). No entanto, é importante ter maior conhecimento sobre esse composto natural e sua eficácia na melhora da composição e qualidade da carne. Nossa hipótese foi que o uso de YME na dieta de cordeiros melhora a qualidade da carne e fornece alimentos mais desejáveis ao consumidor. Em razão disso, este estudo avaliou o efeito da inclusão em níveis crescentes de YME como antioxidante natural na dieta de cordeiros, sobre a composição do perfil de ácidos graxos, características sensoriais e físicas na carne.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O Comitê Institucional de Cuidado e Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP), Campus Fernando Costa em Pirassununga/SP com (Número de protocolo CEUA 3497040618) aprovou todos os procedimentos com animais. Enquanto, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPH) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus Fernando Costa, aprovou as análises sensoriais nas quais foram usados humanos como provadores (Número de parecer 2.934.498-CAAE: 97525118.4.0000.5422).

3.2.1 Animais e manejo

Foram utilizados 36 cordeiros machos não castrados de cruzamento industrial [(Texel x Santa Inês) x Dorper], com peso inicial médio de 23,90 ± 3,67 kg e idade aproximada de 90 dias. Todos os animais foram tratados para parasitas internos e externos usando um medicamento comercial com cloridrato de levamisol, como ingrediente ativo, seguindo as recomendações de dosagem do fabricante. O experimento foi realizado em galpão (largura = 5 m, comprimento = 12 m e altura = 4 m) no qual os cordeiros foram alojados em baias individuais (1 m^2) com piso de plástico elevado (50 cm), permitindo a passagem de fezes e urina para o piso de concreto; cada curral tinha acesso individual a água e comedouro.

Os animais foram divididos em nove blocos, sendo que cada bloco contava com quatro animais com peso inicial semelhante. Os quatro animais em cada bloco foram distribuídos aleatoriamente em um dos quatro tratamentos, seguindo um desenho de blocos ao acaso, onde cada tratamento tinha nove animais. Os tratamentos dietéticos não incluíram YME (0%) e três tratamentos com 1, 2 e 4% YME de inclusão com base na matéria seca (MS), usando caulim de qualidade alimentar como ingrediente inerte. Todos os animais receberam dieta controle por três dias e, no quarto dia, os animais foram alimentados com as dietas predeterminadas para um ensaio de crescimento de 50 dias.

3.2.2 Preparação das dietas

A formulação das dietas, foi feita de acordo com a recomendação do NRC (2007) tendo uma relação concentrado:silagem de 60:40. Os animais foram distribuídos de maneira aleatória, em quatro tratamentos e nove repetições por tratamento, tendo um grupo controle sem YME (0%), e três tratamentos com 1, 2 e 4% de inclusão de YME em base na MS (Tabela 4). A dieta foi oferecida duas vezes ao dia, às 08h às 16h, sendo oferecida água ad *libitum*. A alimentação fornecida e sobras foram pesadas diariamente para determinar a ingestão diária de MS, permitindo 10% sobras.

3.2.3 Análise da dieta

Os ingredientes da dieta foram analisados segundo a AOAC (1990), matéria seca (DM, método 934,01), cinzas (ASH, método 923,03), extrato etéreo (EE, método 920,85) e fibra bruta (CF, método 978,10). A proteína bruta (CP, método 920.87) foi analisada pelo método de Kjeldahl. A fibra em detergente neutro (FDN) foi analisada de acordo com Mertens (2002) usando o método da enzima amilase. Enquanto a fibra em detergente ácido (FDA) e a lignina (LN) foram feitas de acordo com o método 973,18, medidas por Van Soest et al. (1991). A energia bruta (EB) foi medida com bomba calorimétrica (C200 System, IKA, Staufen, Germany). A matéria orgânica (OM) foi calculada subtraindo o conteúdo de cinzas de 100. Na Tabela 4 é apresentada a composição das dietas.

Tabela 4 - Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Componente	Tratamentos			
	0%	1%	2%	4%
Ingredientes % MS				
Silagem de milho	40,00	40,00	40,00	40,00
Grão de milho	33,00	33,00	33,00	33,00
Farelo de soja	20,50	20,50	20,50	20,50
Sal	0,15	0,15	0,15	0,15
Fosfato bicálcico	0,15	0,15	0,15	0,15
Mistura mineral[1]	2,20	2,20	2,20	2,20
Extrato de erva-mate	0,00	1,00	2,00	4,00
Caulim[2]	4,00	3,00	2,00	0,00
Composição Química % MS				
Matéria Seca	68,89	68,83	67,77	68,64
Matéria orgânica	89,56	90,43	31,30	93,04
Proteína Bruta	21,46	21,56	21,66	21,87
Extrato etéreo	2,09	2,09	2,09	2,09
Cinzas	13,77	10,85	8,47	7,16
Extrativo não nitrogenado	51,90	52,69	53,49	55,07
Fibra Bruta	13,87	13,88	13,88	13,88
FDA	18,19	18,20	18,20	18,22
FDN	34,53	34,54	34,54	34,56
Lignina	4,48	4,48	4,48	4,48
Energia bruta kcal/kg)	4,19	4,23	4,27	4,35

[1]Mistura mineral: O núcleo utilizado foi o GuabiPhos® com os seguintes níveis de garantia por quilograma de produto: Cálcio (máximo) - 150g, Cálcio (mínimo) - 130g, Fósforo (mínimo) - 65g, Sódio (mínimo) - 130g, Flúor (máximo) - 650mg, Enxofre (mínimo) - 12g, Magnésio (mínimo) - 10g, Ferro (mínimo) - 5000mg, Iodo (mínimo) - 60mg, Selênio (mínimo) - 10mg, Vitamina A (mínimo) - 50000 U.I., Vitamina E (mínimo) - 312 U.I; [2]Caulim: Também chamado de veículo Qsp, é inerte e não tem valor nutricional, usa-se para completar o 100% da ração.

O YME foi produzido pelo Centro Flora, Botucatu, São Paulo, Brasil, a partir de folhas frescas de *Ilex paraguariensis* St-Hil com uma relação água:etanol 75:25 v/ v, extração a 90˚C, a concentração fenólica total foi de 21,7 g GAE/100g extrato e concentração de cafeína de 6% (w/w). O extrato administrado aos animais desta pesquisa foi o mesmo produto utilizado anteriormente por Zawadzki et al. (2017), cuja caracterização completa de compostos fenólicos é relatada usando uma análise por espectrometria de massa de ionização por cromatografia líquida de ultra-performance com eletropulverização. O extrato foi misturado com o concentrado o qual posteriormente foi misturado com a silagem no momento de fornecimento da ração. A composição química das dietas experimentais e do YME foram apresentadas e discutidas em um artigo complementar (LOBO et al., 2020).

3.2.4 Coleta de amostras

Os cordeiros foram mantidos no confinamento por 53 dias, abatidos com um peso corporal de 39 ± 0.93 no abatedouro pertencente à Prefeitura do Campus USP “Fernando Costa”, em Pirassununga/SP. Os animais permaneceram em jejum de sólidos por 16 horas, recebendo apenas dieta hídrica *ad libitum*. Os procedimentos de abate foram realizados de acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Brasil (MAPA) (BRASIL, 1997). As carcaças foram resfriadas a 2°C, por 24 horas, após as quais foram divididas longitudinalmente, e o músculo LT direito (entre 10 e 12 costelas) foi extraído para análise da qualidade da carne. Mais detalhes sobre métricas de carcaça e rendimento foram descritos em um artigo complementar (LOBO et al., 2020).

Após a remoção do LT da carcaça, este foi dividido em 5 bifes. Um bife foi utilizado para a análise de lipídios totais e a outra amostra (bife) foi utilizada para a análise de PAG com espessura de 1,5 e 2,5 cm, respectivamente, sendo que os dois bifes foram embrulhados em papel alumínio e mantidas a temperaturas de -20 e -80 °C; os outros três bifes foram utilizados para análise sensorial com 2,5 cm de espessura, sendo

embaladas a vácuo e armazenadas a -20 °C até o momento da análise. Os valores de pH da carne e cor instrumental foram medidos nos bifes antes de serem embalados.

3.2.5 Amostragem de carne e características físico-químicas

3.2.5.1 pH e cor instrumental

A avaliação do pH (24 h) foi realizado, utilizando um pHmetro portátil com sonda de penetração (Modelo HI 99163, Marca *Hanna*®), previamente calibrado conforme a recomendação do fabricante.

A análise da cor (24 h) foi realizada em três pontos distintos no músculo exposto ao ar atmosférico por 30 minutos, usando um colorímetro (modelo Miniscan EZ, marca *Hunter Lab*®), previamente calibrado para observação do iluminante D65, em um ângulo de 10º e uma abertura de obturador de 10 mm. Determinando-se os parâmetros luminosidade (L*), vermelho (a*) e amarelo (b*) empelando o sistema CIELAB (2004), os níveis de ângulo de inclinação (h*) e de croma (C*) foram calculados como: $H° = \tan^{-1}(b^*/a^*) \times (180/\pi)$ expresso em graus e $C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$.

3.2.5.2 Determinação de lipídios totais

As amostras foram liofilizadas previamente, sendo mantidas por um periodo de 72 h no liofilizador L101 da Liotop®. Subsequentemente foi feita a extração da gordura intramuscular realizada de acordo com a metodologia de Bligh-Dyer (1959), foram pesadas 3g de cada amostra liofilizada e colocadas em um erlenmeyer. Posteriormente foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água, e mantidos por 30 minutos em mesa agitadora, ao término do tempo adicionaram-se mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio 1,5%.

Após de 20 minutos em descanso, foram separadas as fases superior e inferior, retirando entre 13 a 15 mL da camada inferior e colocados em um tubo de 30 mL. Neste

tubo foi adicionado previamente 1g de sulfato de anidro. O tubo foi agitado no vórtex e filtrado rapidamente com papel filtro, foram despejados 5 mL do filtrado em um béquer de 50 mL previamente seco e pesado. Os béqueres foram levados a estufa a 100 ˚C deixando overnight, finalmente foram resfriados em dessecador e pesados.

3.2.5.3 Perfil de ácidos graxos

A extração foi realizada pelo método descrito por Folch et al. (1957), onde as amostras foram homogeneizadas com uma solução de clorofórmio e metanol (2:1) em homogeneizador Ultra Turrax Marconi®. Em seguida, foi feita a adição de solução de NaCl a 1,5% para isolamento dos lipídios.

A gordura extraída foi metilada e os ésteres metílicos foram formados de acordo com metodologia descrita por Kramer et al. (1997). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (CG-2010 Plus - Shimadzu, auto injetor AOC 20i), usando coluna capilar SP-2560 (100 m × 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). A temperatura inicial da coluna foi de 45 ˚C, com aquecimento progressivo até chegar a 175 ˚C, mantendo-se por 27 minutos. Em seguida, um novo aumento de 4°C por minuto foi iniciado até 215˚C, mantendo-se durante 35 minutos. O gás hidrogênio (H_2) foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 40 cm^3/s. A temperatura utilizada pelo detector por ionização em chama (FID) foi de 250 ˚C, fluxo de H_2 de 40 mL/min, fluxo de ar de 400 mL/min, Make-up de 30 ml/min kPa (N_2) e taxa de amostragem 40 mL/sec. O tempo total da corrida por amostra (Stop time) foi de 86 minutos.

Os ácidos graxos foram identificados de acordo com o tempo de retenção dos ésteres de metil das amostras utilizando-se os padrões 463 Nu-Chek®, ácido vacênico C18:1 trans-11 (V038-1G, Sigma®), C18:2 trans-10 cis-12 (UC-61M 100mg), CLA e C18:2 cis-9, trans-11 (UC- 60M 100mg), (Sigma®) e ácido tricosanoico (Sigma®). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização da área dos picos dos ésteres de

metil, com uso do Software GS solution 2.42® e expressos em porcentagem do total de metil éster quantificado.

As atividades da enzima 9-dessaturase (C14, C16 e C18) foram determinadas de acordo ao descrito por De Smet et al. (2004) e Bichi et al. (2012): assim, Δ^9 -desaturase C14:0 =*[100 × (C14: 1cis-9) / (C14: 1cis- 9 + C14: 0);* Δ^9 -desaturase C16: 0 = *100 [(C16: 1 cis-9) / (C16: 1 cis –9 + C16: 0)]* e Δ^9 -desaturase C18: 0 = *100 [(C18: 1 cis-9) / (C18: 1 cis –9 + C18: 0)].2.5.* A razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos, foram calculados de acordo ao Santos-Silva; Bessa; Santos-Silva (2002) assim, *(H/H) = (C18:1cis9 + C18:2ω6 + C18:3ω3 + C20:5ω3 + C22:6ω3) / (C14:0 + 16:0).* O índice de trombogenicidade (IT) foi calculado segundo Ulbricth e Southgate (1991), por meio da equação: IT = *(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 xΣAGMI) + (0,5 xΣω6 + (3 xΣω3) + (Σω3/Σω6)]. O* índice de geração de aterogênio *(IA)* foi calculado através da seguinte equação: IA = ([*(C12:0 + (4 x C14:0) + C16:0)] / (ΣAGMI + Σω6+Σω3).*

3.2.6 Análise sensorial

A análise foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP), Campus Fernando Costa em Pirassununga/SP. Foi usado o método de aceitação para consumidor tanto qualitativo como quantitativo segundo a metodologia proposta por Moraes (1993), empregando um painel não-treinado totalizando 120 consumidores comuns, que avaliaram as características sensoriais de aceitação global, sabor, maciez e suculência.

Na análise quantitativa foi utilizada uma escala hedônica estruturada com nove pontos, para avaliação dos atributos de maciez, suculência, sabor e aceitabilidade global adaptados da AMSA (2015), variando de “desgostei extremamente” (nota 1) a “gostei extremamente” (nota 9). Do mesmo modo, na análise qualitativa, foi usada uma escala hedônica de cinco pontos a qual foi vinculada ao teste *just about-right* (do inglês, escala

do ideal), variando de “muito fraco”, “duro” ou “seco” (nota 1) a “muito forte”, “macio” ou “úmido” (nota 5), de acordo com o sabor, maciez e suculência, respectivamente.

Os bifes foram descongelados por 24 horas sob refrigeração a 2˚C e separados de acordo com os tratamentos. Cada amostra foi conservada em salmoura à proporção de 1:1, por 30 minutos (ROTA et al., 2004). Para cocção foi utilizado o protocolo experimental descrito pela AMSA (2005), sendo assadas as amostras em forno elétrico pré-aquecido a 180°C, até atingir a temperatura interna de 72°C controlada por termopares individuais.

As amostras foram codificadas com número de três dígitos e fornecidas de maneira monádica (uma de cada vez) aos provadores de forma balanceada (FERREIRA et al., 2000). As amostras foram oferecidas em formato de paralelepípedos, com dimensões de 1cm x 1cm x 2cm embrulhadas em papel alumínio, dentro de copos plásticos codificados. Além disso, foram disponibilizados para os provadores, um copo de água acompanhado de biscoito tipo *craker,* para retirada do sabor residual e limpeza do palato, após da degustação de cada amostra.

3.2.7 Análise estatística

Todos os dados foram previamente testados para normalidade utilizando o procedimento (PROC UNIVARIATE; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) com normalidade das distribuições determinadas pelo teste de Shapiro-Wilk (W). Para as variáveis peso vivo final, pH, cor, lipídios totais e perfil de ácidos graxos foi empregado um delineamento em blocos inteiramente casualizado com quatro tratamentos e nove repetições, incluindo como efeito fixo o tratamento e como efeito aleatório o bloco, seguindo este modelo:

$$\boldsymbol{Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}}$$

Onde: Yij= é o valor observado; μ= média geral; Ti= efeito fixo de tratamento; Bj= efeito aleatório do bloco (animal); eij= erro aleatório associado a cada observação.

Para a análise sensorial, também foi seguido um delineamento em blocos completos balanceados, usando efeito fixo de tratamento e o efeito aleatório de bloco (provador), de acordo ao seguinte modelo:

$$\boldsymbol{Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}}$$

Onde: Yij= é o valor observado; μ= média geral; Ti= efeito fixo de tratamento; Bj= efeito aleatório do bloco (provador); eij= erro aleatório associado a cada observação.

Todos os dados foram avaliados utilizando o procedimento MIXED (Versão 9.4), do pacote estatístico (SAS INSTITUTE INC., CARY, NC, 2017). O efeito de nível foi avaliado pelo uso de polinômios ortogonais, separando efeitos linear, quadrático e cúbico, sobre os atributos físico-químicos, composição do perfil de ácidos graxos e aceitação sensorial. Como os intervalos entre os tratamentos não foram equidistantes, os coeficientes de contraste foram gerados pelo procedimento da linguagem matricial interativa (IML), finalmente as médias de tratamento foram geradas usando a opção LSMEANS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), sendo declarados significativos em P ≤ 0,05.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 pH e cor instrumental

Os valores de pH apresentados na Tabela 5 exibem que este parâmetro não foi alterado pela inclusão de YME na dieta (P = 0,0752), mostrando valores médios de 5,40 a 5,66 ± 0,07. No caso dos contrastes para esta característica mostraram um efeito cúbico (P = 0,0211), tendo um valor menor para o tratamento com 2% de YME (Figura 12). O parâmetro brilho da carne foi semelhante para todos os grupos (P = 0,5244), apresentando uma variação entre 41,61 e 43,28 ± 0,84. Estes resultados revelaram que a presença do extrato na dieta não afetou a vermelhidão da carne (a*), (P = 0,6351).

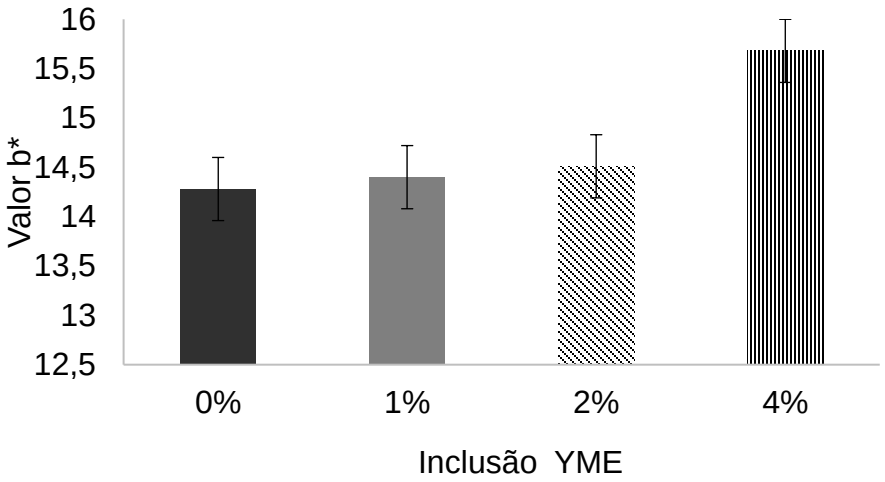
Tabela 5 **-** Efeito da inclusão de YME no peso corporal ao abate e na estabilidade física do músculo *Longíssimus thoracis* de cordeiros

Item[1]	Inclusão YME (%)				EPM[2]	Valor-P[3]			
	0	1	2	4		Dieta	Linear	Quadrático	Cubico
pH	5,57	5,66	5,40	5,60	0,07	0,0752	0,8739	0,2061	0,0211
L*	42,8	41,61	42,37	43,28	0,84	0,5244	0,4417	0,3021	0,4564
a*	16,81	17,25	16,88	17,36	0,36	0,6351	0,3945	0,9241	0,3338
b*	14,28	14,4	14,51	15,68	0,32	0,0041	0,0007	0,1771	0,7501
C*	22,07	22,47	22,27	23,4	0,42	0,1038	0,0255	0,4828	0,4139
h*	40,37	39,82	40,72	42,08	0,61	0,0580	0,0164	0,2712	0,4294
Lipídios totais	10,02	7,34	8,68	9,65	1,05	0,1923	0,7605	0,0981	0,1638

[1] PCA: peso corporal ao abate (kg); L*: brilho; a*: conteúdo vermelho; b*: conteúdo amarelo; C*: croma; h*: ângulo de matiz; Lipídios totais (g gordura/100g carne). [2] EPM: erro padrão da média; [3] Valor de probabilidade para contraste linear, quadrático ou cúbico. Fonte: própria autoria.

Entretanto, a inclusão do extrato nas dietas teve efeito em b*, indicando um maior valor para o grupo com 4% de YME (P = 0,0041), em relação aos outros tratamentos avaliados. Essa variação expôs um efeito linear (P = 0,0007) conforme se observa na Figura 11, ao mesmo tempo afetou os valores de C* e H* no grupo com 4% de YME.

Figura 11- Efeito da inclusão do YME sobre os valores de intensidade de amarelo (b*)



Fonte: Própria autoria.

3.3.2. Lipídios totais

Os valores de lipídios totais expressos em g/100g carne, não foram afetados pela inclusão de YME na dieta (Tabela 5), exibindo valores similares entre os tratamentos que variaram entre 9,65 e 10,02 ± 1,05 (P = 0,1923), sem apresentar efeito linear (P = 0,7605), quadrático (P = 0,0981) nem cúbico (P = 0,1638).

3.3.3 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos e seus diferentes grupos, encontrados no músculo LT, são apresentados nas Tabelas 6 e 7. Nos AGS o ácido C17:0 DMA mostrou um efeito quadrático na sua concentração (P = 0,0306) tendo maior valor para o tratamento com 4% de YME (P = 0,0538). Os AGCR, (14:0 iso, 15:0 iso, 16:0 iso e 18:0 iso) apresentaram um efeito de dieta (P ≤ 0,05) para o tratamento com 4% de YME.

Na concentração dos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), o ácido elaidico (C18:1 trans 9), apresentou um efeito de dieta para o grupo controle (P = 0,0377) acompanhado de uma diminuição linear conforme incrementa o nível de inclusão do YME (P = 0,0349). No caso do ácido C19:1 cis13-Nonadecenoico, mostrou um efeito de dieta (P = 0,0431) con valores médios superiores para o grupo com 4% de YME, exibindo por

sua vez um efeito linear (P= 0,0234). Finalmente, nos AGPI o conteúdo de (C18:2 t9 C12) apresentou efeito de dieta (P= 0,009) para o grupo com 1% de YME o que foi acompanhado de uma resposta cúbica nos contrastes (P = 0,0025), apesar desta diferenciar o CLA (Cis 9 Trans 11 e CLA Trans 10 Cis 12), não foram afetados pela inclusão do YME na dieta (P = 0,1430), como também não apresentou efeito nos contrastes.

Na Tabela 6, observam-se os valores dos AGS, AGMI, AGPI, AGI ômega 3 e 6 (n-3, n-6) e o CLA, além das relações n-6/n-3 e AGPI/AGS, não mostraram variações com a inclusão de YME na dieta de cordeiros (P = 0,1002). Os índices IA, IT, IS e H:H não foram influenciados pela inclusão do YME na dieta (P = 0,2885), somente os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) exibiram efeito da dieta com uma média de 0,52 ± 0,02% do total de metil éster quantificado, no grupo que continha 4% de YME (P = 0,0092), promovendo assim uma respota linear (P = 0,0032) (Figura 12).

Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros alimentados com diferentes níveis de extrato de erva-mate

Ácido graxo (%)	Inclusão YME (%)					Valor-P			
	0	1	2	4	EPM	Dieta	Linear	Quadrático	Cúbico
AGS									
C12:0 - Láurico	0,110	0,110	0,130	0,120	0,020	0,8380	0,7972	0,6236	0,4713
C14:0 - Mirístico	1,855	2,003	2,052	1,942	0,150	0,7980	0,7586	0,3462	0,9508
C16:0 - Palmítico	21,66	23,08	22,99	21,13	0,694	0,1370	0,3531	0,0341	0,6989
C17:0 - DMA	0,659	0,435	0,46	0,931	0,138	0,0538	0,0752	0,0306	0,7937
C18:0 - Esteárico	15,21	16,47	14,21	16,773	11,281	0,2510	0,4302	0,3846	0,0991
AGCR									
C14:0 iso	0,014	0,017	0,018	0,025	0,002	0,0179	0,0022	0,5536	0,6816
C15:0 iso	0,075	0,083	0,090	0,106	0,007	0,0321	0,0035	0,9663	0,9668
C16:0 iso	0,088	0,092	0,067	0,128	0,009	0,0010	0,0037	0,0030	0,0354
C17:0 iso	0,027	0,028	0,025	0,022	0,004	0,8180	0,3918	0,8269	0,7231
C18:0 iso	0,093	0,096	0,090	0,117	0,007	0,0230	0,0108	0,1026	0,3492
AGMI									
C14:1 cis9 - Miristoleico	0,057	0,054	0,060	0,056	0,006	0,8960	0,8966	0,7843	0,4830
C16:1 cis 9 - Palmitoleico	1,520	1,486	1,571	1,547	0,067	0,8070	0,6078	0,8687	0,4185

Continua... Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros alimentados com diferentes níveis de extrato de erva-mate

C18:1 trans 11 - Vacênico	0,652	0,792	0,968	0,698	0,178	0,5430	0,8752	0,1716	0,6738
C18:1 n9 cis - Oleico	33,882	34,737	34,564	32,278	1,230,	0,4070	0,2278	0,236	0,9240
C18:1 trans 9 - Elaídico	0,626	0,254	0,243	0,232	0,108	0,0377	0,0349	0,0621	0,3480
C18:1 cis11 - Vacênico	2,238	1,650	2,267	1,7900	0,243	0,1360	0,3961	0,9658	0,0295
C19: 1 cis13 - Nonadecenoico	0,010	0,0172	0,006	0,0411	0,009	0,0431	0,0234	0,1626	0,2440
AGPI									
C18:2 t9 C12	0,043	0,061	0,022	0,035	0,008	0,0090	0,1199	0,5465	0,0025
C18:2 n6 cis - Linoleico	5,367	4,339	5,146	4,534	0,506	0,4070	0,4286	0,7785	0,1430
C18:3 n3 - Linolênico	0,205	0,205	0,230	0,226	0,018	0,5760	0,2766	0,6524	0,4550
C20:2 n6 Eicosadienoico cis 11,14	0,031	0,027	0,034	0,028	0,003	0,5106	0,7113	0,5102	0,1922
C20:3 n3 - Eicosatrienoico cis 11, 14, 17	0,181	0,012	0,011	0,165	0,115	0,5795	0,8873	0,1785	0,7744
C20:4 n6 - Araquidônico	0,115	0,109	0,189	0,276	0,095	0,5492	0,1699	0,8322	0,7373
C20:5 n3 - Eicosapentaenoico cis 5, 8	0,047	0,059	0,016	0,073	0,039	0,7383	0,7049	0,4878	0,4367
C22:3 n3 - Docosatrienoico cis 13, 16,	0,074	0,015	0,009	0,013	0,037	0,5416	0,3206	0,3190	0,7115
C22:4 n6 - Docosatetraenoico	0,212	0,125	0,168	0,145	0,027	0,1505	0,2328	0,2846	0,0903
C22:5 n3 - EPA Docosapentaenoico	0,257	0,261	0,290	0,327	0,041	0,5961	0,1861	0,8927	0,8220
C22:6 n3 - DHA - Docosahexaenoico	0,069	0,061	0,080	0,072	0,014	0,7896	0,7086	0,7947	0,3693
CLA Cis 9 Trans 11	0,008	0,004	0,003	0,002	0,003	0,5490	0,2048	0,5181	0,8573
CLA Trans 10 Cis 12	0,027	0,034	0,029	0,032	0,003	0,3420	0,4610	0,4432	0,1387

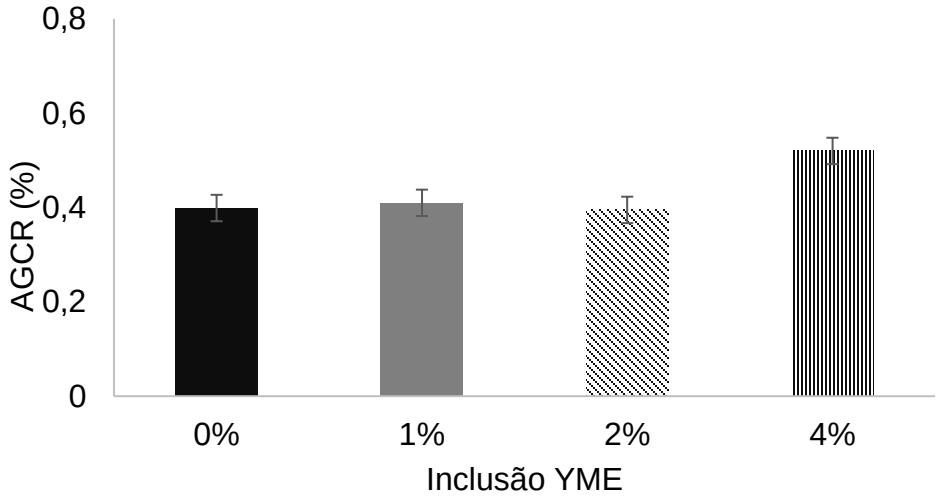
[1] AGS: ácido graxo saturado; AGMI: ácido graxo monosaturado; e AGPI: ácido graxo poliinsaturado; [2] EPM: erro padrão da média. [3] Valor de probabilidade para contraste linear.

Tabela 7 – Relações do perfil de ácidos graxos de cordeiros alimentados com diferentes níveis de extrato de erva-mate

Parâmetros (%)[1]	Inclusão YME (%)					Valor-P	
	0	1	2	4	EPM[2]	Dieta	Linear[3]
AGS	40,136	42,977	40,996	41,504	1,059	0,1831	0,6668
AGMI	46,613	46,215	46,793	45,589	0,974	0,6951	0,3947
AGPI	7,209	5,774	6,802	6,516	0,661	0,4576	0,7603
AGI	53,823	51,980	53,595	52,105	0,858	0,2087	0,2661
AGPI/AGS	0,183	0,136	0,167	0,159	0,019	0,3843	0,7091
CLA	0,035	0,044	0,036	0,038	0,006	0,6509	0,9747
n6	6,000	4,870	5,789	5,253	0,588	0,4874	0,5984
n3	0,897	0,661	0,695	0,950	0,134	0,3449	0,5411
n6/n3	8,136	7,740	8,415	6,363	0,807	0,2885	0,1340
AGCR	0,399	0,410	0,395	0,520	0,028	0,0092	0,0032
Δ 9 Desnaturase C14	2,997	2,583	2,856	2,835	0,157	0,3157	0,8474
Δ 9 Desnaturase C16	3,107	2,912	3,253	3,167	0,159	0,4349	0,4787
Δ 9 Desnaturase C18	69,037	67,877	71,244	65,671	2,208	0,2903	0,3138
IA	0,550	0,605	0,586	0,560	0,024	0,3704	0,9120
IT	1,154	1,270	1,162	1,246	0,051	0,2082	0,3765
IS	1,872	1,698	1,728	1,821	0,073	0,3280	0,9310
H:H	1,698	1,581	1,605	1,631	0,053	0,4543	0,5886

[1]AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; AGPI: ácidos graxos poli-insaturados; AGI: ácido graxo insaturado; GPI/AGS: relação de ácidos graxos monoinsaturados e saturados; CLA: ácido linoleico conjugado; n-6/n-3 relação ômega 6 e ômega 3; AI: índice de geração de aterogênio; IT: índice de trombogenicidade; IS: índice de saúde; e H:H: proporção hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos; AGCR: ácidos graxos de cadeia ramificada soma de iso14:0, iso15:0, anteiso15:0, iso16:0, iso17:0, anteiso17:0, iso18:0: [2]EPM: Erro padrão dá média. [3]Valor de probabilidade para contraste linear.

Figura 12 - Efeito da inclusão do YME sobre os valores ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR)



Fonte: Própria autoria.

3.3.4 Análise sensorial

Pode-se observar na Tabela 8 que os parâmetros sabor, maciez, suculência e aceitação geral, avaliados na escala hedônica, não foram afetados pela inclusão do YME na dieta, como também não foram diferentes do grupo controle (P = 0,1233).

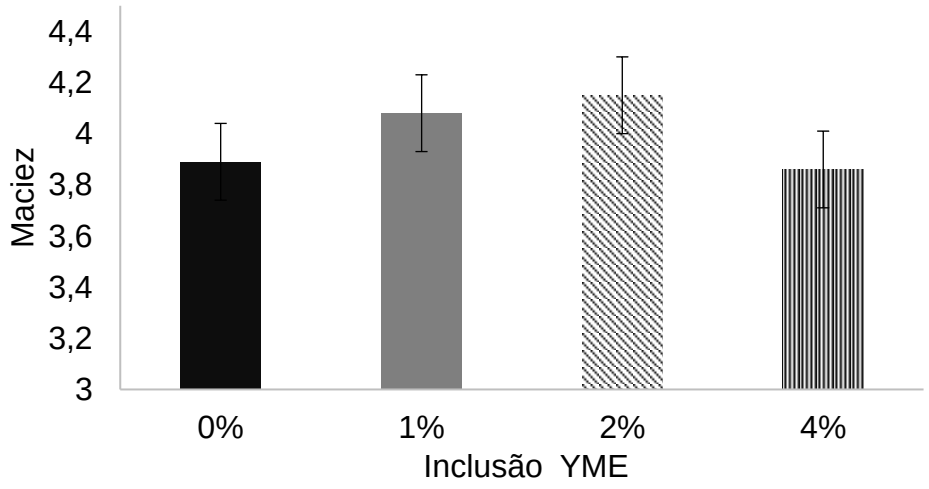
Os atributos de sabor e suculência avaliados por médio do teste *just about-right,* não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, a maciez teve um efeito de dieta (P = 0,0088) onde, o grupo com 2 % de YME teve uma melhor avaliação por parte dos provadores com 4,15 ± 0,08 em comparação ao tratamento controle com 3,89 ± 0,08, o que foi acompanhado de uma resposta de tipo quadrático (P = 0,0008) (Figura 13).

Tabela 8 - Teste de aceitação do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de extrato de erva-mate

Item	Inclusão YME (%)				EPM[1]	Valor-P [2]		
	0	1	2	4		Dieta	Linear	Quadrático
Escala hedónica								
Sabor	6,752	6,581	6,435	6,521	0,150	0,403	0,2405	0,2202
Maciez	7,222	7,230	6,871	7,008	0,139	0,1251	0,1233	0,2767
Suculência	6,794	6,769	6,641	6,709	0,144	0,8487	0,5894	0,5817
Aceitação geral	6,923	6,906	6,700	6,854	0,146	0,5920	0,6004	0,3396
Just about- right								
Sabor	3,247	3,205	3,247	3,230	0,071	0,971	0,9758	0,9233
Maciez	3,888	4,085	4,153	3,863	0,080	0,0088	0,5181	0,0008
Suculência	3,670	3,700	3,600	3,760	0,079	0,5759	0,3641	0,5284

[1] EPM: erro padrão da média; [2] Valor de probabilidade para contraste linear e quadrático.

Figura 13 - Efeito da inclusão do YME na avaliação sensorial da maciez



Fonte: Própria autoria.

3.4. DISCUSSÃO

3.4.1 pH e cor instrumental

De acordo com Ripoll et al. (2012), os valores de pH habituais na carne de cordeiro oscilam entre 5,50 e 5,80 e valores mais altos são associados com maiores pesos ao abate. Nesta pesquisa, os valores de pH se encontram dentro desta faixa considerada normal e em consonância com os resultados reportados por Zeola et al. (2007) e Pinheiro et al. (2009). Esses resultados, tornam-se similares aos assinalados por Vidal et al. (2014) e Abdallah et al. (2020) os quais forneceram erva-mate e *Astragalus, membranaceus*, na alimentação de novilhos Nelore e cordeiros respetivamente. Apesar disso, não foram encontradas variações significativas nos valores de pH, afirmando-se que a inclusão do extrato não afetou o pH final da carne, dado que houve uma tendência regular da glicólise *post mortem* no músculo LT dos animais (INSERRA et al., 2014; SMETI et al., 2018)**.**

A cor é o atributo sensorial mais importante que afeta as decisões de compra do consumidor, devido a isso, as alterações nos valores de L*, a* e b* descrevem a deterioração da cor da carne de vermelho para marrom e refletem a concentração de mioglobina e o estado redox na carne (MANCINI; HUNT, 2005). Apesar de não ter apresentado diferenças nos valores de luminosidade (L*), estes estiveram dentro da faixa de aceitabilidade do consumidor (KHLIJI et al., 2010) e dentro do parâmetro de normalidade que varia de 18,13 a 48,15, sendo que, quanto maior o valor de L* mais clara é sua coloração (COSTA et al., 2009; JOHNSON et al., 2005).

A similitude entre os valores de L* pode ser explicada pelo conteúdo semelhante de gordura no LT do presente estudo, fazendo referência ao perfil de ácidos graxos. As descobertas desta pesquisa coincidem com os resultados obtidos por Smeti et al. (2018), que usaram óleos essenciais de alecrim (constituído principalmente por compostos fenólicos) nas dietas de ovinos, sem encontrar variações nos valores da L*. Do mesmo modo os parâmetros da cor a*, b* C* e H* se encontram dentro dos padrões descritos para cada tonalidade por Johnson et al. (2005), Costa et al. (2009) e Pinheiro et al. (2009).

O aumento nos valores do parâmetro b* e C* podem estar relacionados ao maior teor de gordura, mecanismo que pode estar relacionado ao branco/amarelo da gordura intramuscular que absorve os comprimentos de onda da luz azul e, portanto, aumenta o amarelo, uma vez que os valores são medidos em uma escala de azul (-60) a amarelo (+60), parecendo a carne um pouco mais amarela (CALNAN et al., 2017).

A importância do parâmetro b* para o apelo do consumidor e a aprovação da cor do cordeiro não é clara embora esta medida seja usada em combinação com as medidas a* para determinar o h* e C* da carne. No entanto, Chelh, Gatellier e Santé-lhoutellier (2007) afirmaram que o aumento nos valores de b* pode ser devido a processos oxidativos que produzem pigmentos Schiff (reduzem solubilidade das proteínas) a partir de complexos de lipídios e proteínas. Apesar destas variações esses valores se encontram dentro dos padrões sugeridos por Bonagurio et al. (2003) e Costa et al. (2012) na carne ovina.

3.4.2 Lipídios totais

O conteúdo de gordura intramuscular encontrado no presente trabalho mostrou valores similares ao reportado por Senegalhe et al. (2014) que avaliaram a composição química da carne de cordeiros abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea da raça Santa Inês e do acabamento de Santa Inês x Dorper. Não obstante, segundo Hajji et al. (2016) compararam a oxidação lipídica de ovinos mantidos a pasto vs concentrado, obtendo valores relativamente baixos, quando comparados com os resultados desta pesquisa.

De acordo às informações anteriores os resultado obtidos podem ser considerados positivos, uma vez que o alto teor de lipídios totais na carne pode influenciar negativamente o produto, posto que os consumidores têm uma certa restrição à gordura, devido a seu teor de ácidos graxos saturados (WOOD et al., 2011). Concluindo-se que a concentração de lipídios irá depender do objetivo de produção da raça e da dieta fornecida ao animal.

3.4.3 Perfil de ácidos graxos

Os resultados obtidos no perfil de ácidos graxos neste estudo concordam com Joy et al. (2012), Santos-Cruz et al. (2012) e Abdallah et al. (2020), que obtiveram uma maior proporção do ácido esteárico (C18:0), palmítico, (C16:0) e ácido oleico (C18:1). Ácidos que constituem em torno de 74% do PAG, podendo chegar a formar até 80% do total de ácidos graxos detectados. Encontrando-se estes valores dentro da faixa de normalidade aceita para ovinos, o que permite firmar que a inclusão de YME na alimentação dos animais, não modificaram a proporção destes ácidos graxos.

Conforme o descrito por Hajji et al. (2016) e Kamel et al. (2018), os AGS mais abundantes no perfil dos ovinos, foram o esteárico (C18:0) e palmítico (C16:0). A maioria deles, são considerados ácidos graxos hipercolesterolêmicos, contribuindo ao acúmulo de lipoproteínas de baixa densidade, levando assim, ao risco potencial de doenças cardiovasculares (BEZERRA et al., 2016; CAÑEQUE et al., 2001). Entretanto, o C18:0 é considerado neutro, não estando associado ao risco de doenças cardiovasculares (FRENCH et al., 2003). O ácido esteárico é um dos produtos finais da biohidrogenação, por isso esperava-se que apresentaria uma menor deposição nos grupos que continham o YME quando comparado ao grupo controle, dada a presença dos compostos fenólicos (VASTA et al.,2007) mas não foram encontradas diferenças, o que poderia indicar que a adição do extrato nas dietas não impactou negativamente sobre os microrganismos responsáveis da biohidrogenação ruminal. Por fim, a concentração dos dimetil acetais (DMA), moléculas de lipídios plasmalogênicos presentes na gordura intramuscular, são afetadas pela dieta, sexo e a proporção de AGPI. Portanto, valores elevados são asociados com carnes magras (BESSA; ALVES; SANTOS-SILVA, 2015; GÓMEZ-CORTÉS et al., 2019).

Os resultados gerais dos AGMI mostraram diferença para o grupo controle na cocnetração do ácido elaídico que é derivado do ácido oleico e está incluído no grupo dos isômeros *trans* o qual em produtos alimentícios é considerado como fator de risco para a saúde humana (LISITSYN; CHERNUKHA; LUNINA, 2017), situação que permite

considerar nossos resultados positivos, pois a inclusão do YME contribuiu com a redução da concentração desse ácido graxo na carne.

Nos AGMI também foi observado maior teor para o ácido oléico (C18:1 n9 cis) em todos os tratamentos avaliados sem exibir diferenças entre eles, esta concentração é similar ao reportado por Liu et al. (2015) e Scerraet al. (2018), que avaliaram o perfil de ácidos graxos de cordeiros e o efeito da polpa de bergamota na qualidade de carne, respectivamente. Neste ponto, o ácido oleico é considerado um ácido graxo desejável na carne, devido ao seu papel na redução dos níveis de colesterol no sangue, sendo que sua prevalência na carne está principalmente associada ao tipo de dieta, tempo de alimentação, grupo genético e idade do animal (DALEY et al., 2010; DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004); motivo pelo qual, a falta de diferença entre os grupos avaliados pode ser atribuído a semelhanças na composição das dietas oferecidas.

O ácido linoleico (C18:2 n6 cis) foi o AGPI mais abundante em todos os tratamentos incluindo o controle, valores similares aos descritos por Yagoubi et al. (2018) e Abreu et al. (2019). Essa resposta pode ser explicadada pela alimentação já que estes animais receberam uma dieta com elevada proporção de concentrado vs silagem, portanto apresentaram uma maior deposição do C18:2 n6 cis (precursor do n-6) do que C18:3 n3 (precursor do n-3) (CHILLIARD; FERLAY; DOREAU, 2001; PONNAMPALAM et al., 2014). O fato de ter uma maior concentração do C18:2 n6 cis, originou variações na proporção dos ômegas n-6/n-3, que apesar de não expor diferenças entre os tratamentos avaliados, são considerados valores elevados conforme ao establecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (2003), os quais devem de ser menores a 4 na dieta.

A concentração de acido linoleico conjugado (CLA) é de grande interesse para a saúde humana. No caso o cis-9, trans-11 e trans-10, cis-12 (isômeros de CLA) têm atividades anticarcinogênicas e antilipogênicas, respectivamente (PARIZA ET AL., 2001); mostrando resultados positivos com a inclusão de are 1% de YME, embora seja

interessante esta resposta, a concentração total de CLA não foi afetada pela iclusão de YME, resposta oposta a obtida por Zawadzki et al. (2017).

A proporção do AGPI/AGS é um fator de risco no desenvolvimento de câncer e doença cardíaca, especialmente a formação de coágulos sanguíneos, podendo levar a ataques cardíacos (HUNTER et al., 2010). De acordo com a OMS (2003), esta relação deve ser ≥ 0, 4, e os resultados obtidos neste estudo foram de 0,13 a 0,18, estando dentro da faixa para as carnes vermelhas (ASADOLLAHI et al., 2017; PONNAMPALAM et al., 2009).

Os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) são de natureza lipofílica e estão associados com propriedades anticancerígenas e anti-inflamatórias (WATKINS et al., 2013; RAN-RESSLER et al., 2014). Pesquisas realizadas com AGCR em seres humanos mostraram esses ácidos graxos como componentes bioativos presentes nos lipídios da carne de ruminantes (RAN-RESSLER; BRENNA, 2013).

A quantidade de AGCR produzida depende da síntese microbiana do rúmen, e as variações de sua concentração nos tecidos foram interpretadas como um reflexo das alterações na microbiota do rúmen (FIEVEZ et al., 2012). Acredita-se que a formação de AGCR, seja a partir de propionato que se origina no rúmen após a fermentação de carboidratos na dieta (VASTA; PRIOLO, 2006). Quando a quantidade de propionato excede a capacidade do fígado de ser metabolizado (por meio da gliconeogênese), o excesso é implantado para a síntese de AGCR no tecido adiposo (VLAEMINCK et al., 2006).

Os AGCR mais abundantes no PAG dos cordeiros alimentados com YME são de natureza “isso”, sendo estes os mesmos que reportaram Oliveira et al. (2017) e Aldai (2012). Desta forma, nossos resultados mostraram que inclusão de níveis crescentes de YME, incrementa de forma linear a concentração dos AGCR demostrando um potencial uso do YME na melhoria da concentração desses compostos bioativos presentes na carne de ruminantes. Porém, apesar desses resultados, não foram encontrados estudos

que relacionem a suplementação de erva-mate ou outras plantas com compostos fenólicos na sua composição com elevados valores de AGCR. Portanto, essa resposta também foi associada ao suprimento de grãos na dieta, como fontes de carboidratos facilmente fermentáveis (ANDRÉS et al., 2014; PJ WATKINS et al., 2014), que causam o crescimento de bactérias amilolíticas que, por sua vez, limitam o crescimento de bactérias celulolíticas, gerando consequentemente um aumento na produção de propionato (BEAUCHEMIN et al., 2008; YOUNG et al., 2003).

Por fim, em ruminantes, a deposição de alguns ácidos graxos no músculo depende não apenas da ingestão dos diferentes ácidos graxos, mas também do grau de biohidrogenação ruminal dos AGPI ingeridos (GRAVADOR ET AL., 2015), observando de forma geral que os compostos presentes na estrutura do YME não modificaram nem afetaram negativamente os microrganismos presentes no rúmen responsáveis pelo processo de biohidrogenação.

3.4.4 Análise sensorial

Os valores obtidos na avaliação sensorial mostraram que tanto o tratamento controle como os que tinhan YME, podem se considerar favoráveis frente à aceitação geral da carne ovina seguindo a escala hedônica, por consequência, o YME não altera o sabor normal da carne ovina. Resultados similares aos descritos por Gonzáles-Rios et al. (2016) que afirmaram que o uso de compostos antioxidantes na alimentação de ruminantes não tem efeitos negativos sobre a aceitação sensorial da carne. Além disso, como sugere Chikwanha et al. (2019), a falta de diferenças alimentares entre os atributos sensoriais pode implicar que os fatores que influenciam a qualidade sensorial foram semelhantes entre as dietas. Alguns dos AGCR, como ácido 4-metil octanonoico (MOA), ácido 4-etil octanoico (EOA) e ácido 4-metilnonanoico, têm sido associados ao sabor do 'cordeiro' na carne de ovelha (WATKINS et al., 2014), mas apesar do efeito de dieta nos AGCR, a avaliação de sabor não mostrou diferenças.

Embora, a suculência das amostras não fossem diferentes entre os grupos avaliados, a nota recebida considera-se boa, esta avaliação pode ser dada pelo baixo

conteúdo de AGPI, o que pode ter contribuído positivamente para a suculência, uma vez que altos níveis de AGPI estão frequentemente associados à oxidação lipídica e ao sabor rançoso da carne (SAÑUDO; MUELA; DEL MAR CAMPO, 2013).

No teste *just about-right,* a inclusão de 1 e 2% de YME na alimentação de cordeiros, apresentou maior nota de avaliação frente aos demais tratamentos. Níveis de inclusão fora desta porcentagem, poderiam diminuir a maciez da carne. Os resultados obtidos no presente estudo são similares aos reportados por Zawadzki et al. (2017) que utilizaram o extrato de erva-mate na alimentação de bovinos de corte, obtendo que a inclusão de 1% de YME na dieta teve uma melhor apreciação na maciez, em relação aos demais tratamentos. Portanto, sugere-se que o uso de 1 ate 2% de YME melhora da maciez na carne.

3.5 CONCLUSÃO

A inclusão do extrato de YME até 4% nas dietas de cordeiros não afetaram os parâmetros normais de qualidade da carne, podendo ser utilizado como ingrediente alimentar, melhorando o amarelo e a maciez da carne, dois dos aspetos principais que determinam a aceitação e a compra por parte do consumidor.

O uso de 4% de YME na dieta aumentou a concentração de AGCR, ácidos graxos associados a vários benefícios à saúde. No entanto, pesquisas sobre a influência da dieta nas concentrações de AGCR têm sido limitadas e mostram resultados variáveis, principalmente quando se refere ao uso de antioxidantes. Considerando que a carne de ruminantes é uma das principais fontes alimentares de AGCR em dietas humanas, são necessárias mais pesquisas para entender melhor os fatores que afetam sua concentração na carne.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, A. et al. Carcass characteristics, meat quality, and functional compound deposition in sheep fed diets supplemented with Astragalus membranaceus by-product.

Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 259, p. 114346, Jan. 2020.

ABREU, K. S. F. DE et al. Quality of meat from sheep fed diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera Salm Dyck*). **Meat Science**, Barking, v. 148, p. 229–235, 2019.

ALDAI, N. et al. Breed effect on quality veal production in mountain areas: emphasis on meat fatty acid composition. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 687–696, dez. 2012.

AMSA. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat. American Meat Science Association, Champaign, Illinois USA (2015), p. 104

AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat (2nd ed.), American Meat Science Association, Champaign, Illinois USA (2005), p. 205

ANDRÉS, S. et al. ffects of linseed and quercetin added to the diet of fattening lambs on the fatty acid profile and lipid antioxidant status of meat samples. **Meat Science**, Barking, v. 97, p. 156–163, 2014.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington, VA: The Association, 1990.

ARAÚJO, E. R. et al. Elaboração e análise sensorial de geleia de pimenta com abacaxi. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, p. 233–238, 2012.

ASADOLLAHI, S. et al. Supplementation of sugar beet pulp and roasted canola seed in a concentrate diet altered carcass traits, muscle (*longissimus dorsi*) composition and meat sensory properties of Arabian fattening lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 153, p. 95–102, 2017.

BAUMAN, D. .; GRIINARI, J. . Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 70, n. 1–2, p. 15–29, jul. 2001.

BEAUCHEMIN, K. A. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 48, n. 1–2, p. 21–27, 2008.

BELK, K. E. et al. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat**. 2nd ed. Champaign, Illinois: 2015. 104 p.

BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P.; SANTOS-SILVA, J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, n. 9, p. 1325–1344, 2015.

BEZERRA, L. S. et al. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. **Meat Science**, Barking, v. 121, p. 88–95, 2016.

BICHI, E. et al. Inhibition 9-desaturase activity with sterculic acid: effect on the endogenous synthesis of cis-9 18:1 and cis-9, trans-11 18:2 in dairy sheep. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 95, n. 9, p. 5242–5252, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. Canadian journal of biochemistry and physiology. **The National Research Council Of Canada**, Ontario, v. 92, p. 57–65, 1959.

BOADA, L.; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ; LUZARDO. The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: epidemiological evidences. **Food and Chemical Toxicology**, London, v. 92, p. 236–244, 2016.

BONAGURIO, S. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, suppl. 2, p. 1981–1991, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Food of animal originsanitaryandindustryinspection. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1997.

CALNAN, H. B., JACOB, R. H., PETHICK, D. W., GARDNER, G. E. Selection for intramuscular fat and lean meat yield will improve the bloomed colour of Australian lamb loin meat. **Meat Science**, Barking, v. 131, p. 187–195, 2017.

CAÑEQUE, V. et al. Effect of weaning age and slaughter weight on carcass and meat quality of Talaverana breed lambs raised at pasture. **Animal Science**, East Lothian, v. 73, n. 1, p. 85–95, 2001.

CELI, P.; RAADSMA, H. Effects of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) supplementation on the productive performance of dairy cows during mid-lactation. **Animal Production Science**, Victoria, v. 50, n. 6, p. 339, 2010.

CELI, P.; ROBINSON, A. Effects of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) supplementation on the performance of dairy calves. **Animal Production Science**, Victoria, v. 50, n. 6, p. 376, 2010.

CERIBELI, C. et al. Mate as dietary supplement for broiler chickens: Effect on the metabolic profle and redox chemistry of meat. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v 29, n. 11, p. 2266–2277, 2018.

CHELH, I.; GATELLIER, P.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V. Characterisation of fluorescent Schiff bases formed during oxidation of pig myofibrils. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 2, p. 210–215, 2007.

CHIKWANHA, O. C. et al. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid pro fi le for

human health and wellbeing. **Food Research International**, Essex, v. 104, p. 25–38, 2018.

CHIKWANHA, O. C. et al. Effects of feeding increasing levels of grape (Vitis vinifera cv. Pinotage) pomace on lamb shelf-life and eating quality. **Meat Science**, Barking, v. 157, art. 107887, 2019.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DOREAU, M. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 70, n. 1-2, p. 31-48, 2001

CIE. **Colorimetry.** 3rd ed. Vienna: CIE, 2004. 24 p. v. 552. (CIE Technical Report).

COSTA, R. G. et al. Physical and chemical characterization of lamb meat from different genotypes submitted to diet with different fibre contents. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 29–34, 2009.

DALEY, C. A. et al. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, London, v. 9, art. 10, 2010.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, Les Ulis, v. 53, n. 2, p. 81-98, 2004.

FERREIRA, L. (Elab.) et al. **Análise sensorial**: testes discriminativos e afetivos. Campinas: SBCTA, 2000. 127 p. (Manual: série qualidade).

FIEVEZ, V. et al. Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen function-An update. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 172, n. 1–2, p. 51–65, 2012.

FOLCH, J. et al. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 55, p. 999–1033, 1957.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 81, p. 307–317, 2003.

GÓMEZ-CORTÉS, P. et al. Identification and quantification of dimethyl acetals from plasmalogenic lipids in lamb intramuscular fat under different derivatization procedures. **Journal of Chromatography B**, v. 1120, p. 24–28, jul. 2019.

GONZÁLEZ-RÍOS, H. et al. Dietary supplementation of ferulic acid to steers under commercial feedlot feeding conditions improves meat quality and shelf life. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 222, p. 111–121, dez. 2016.

GRAVADOR, R. S. et al. Fatty acids and oxidative stability of meat from lambs fed carob-containing diets. **Food Chemistry.** Barking, v. 182, p. 27–34, set. 2015.

HAJJI, H. et al. Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 48, p. 102–110, 2016.

HUNTER, J. E. et al. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 91, n. 1, p. 46–63, 2010.

INSERRA, L. et al. Dietary citrus pulp reduces lipid oxidation in lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 4, p. 1489–1493, Apr. 2014.

JOHNSON, P. L. et al. Carcass composition and meat quality differences between pasture-reared ewe and ram lambs. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 2, p. 383–391, 2005.

JOY, M. et al. Influence of the type of forage supplied to ewes in pre- and post-partum periods on the meat fatty acids of suckling lambs. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 3, p. 775–782, 2012.

KAMEL, H. E. M. et al. Influence of dietary supplementation with sunflower oil and quebracho tannins on growth performance and meat fatty acid profile of Awassi lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 235, p. 97–104, 2018.

KHLIJI, S. et al. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 2, p. 224–229, 2010.

KRAMER, J. K. et al. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, Chicago, v. 32, n. 11, p. 1219-28, 1997.

LISITSYN, A. B.; CHERNUKHA, I. M.; LUNINA, O. I. Fatty acid composition of meat from various animal species and the role of technological factors in trans- isomerization of fatty acids. Foods and Raw materials, v. 5, n. 2, p. 54–61, 26 dez. 2017.

LIU, J. et al. Carcass and meat quality characteristics of Oula lambs in China. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 123, n. 2–3, p. 251–259, 2015.

LOBO, R. R. et al. Inclusion of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) extract in the diet of growing lambs: effects on blood parameters , animal performance , and carcass traits. **Animals**, Basel, v. 10, n.6. p. 961, 2020.

LUCIVÂNIA, A. et al. Qualidade da carne de caprinos e ovinos : uma revisão Quality of goats and lambs meat : a review. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v. 8, n. 3, p. 11-17, jul./set. 2012.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 100–121, 2005.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, Oxford, v. 85, p. 1217–1240, 2002.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: Unicamp, 1993.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of small ruminants**: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington DC:The National Academies Press, 2007. 384 p.

OLIVEIRA, M. A. et al. Effect of dietary starch level and its rumen degradability on lamb meat fatty acid composition. **Meat Science**, v. 123, p. 166–172, jan. 2017.

PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK, M. E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 283–298, July. 2001.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 9, p. 1790–1796, set. 2009.

PO, E.; XU, Z.; CELI, P. The Effect of Yerba Mate (*Ilex paraguarensis*) Supplementation on the Productive Performance of Dorper Ewes and Their Progeny. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Sidney, v. 25, n. 7, p. 945–949, 21 jun. 2012

PONNAMPALAM, E. N. et al. Polyunsaturated fats in meat from Merino, first- and second-cross sheep slaughtered as yearlings. **Meat Science**, Barking, v. 83, n. 2, p. 314–319, 2009.

PONNAMPALAM, E. N. et al. Sources of variation of health claimable long chain omega-3 fatty acids in meat from Australian lamb slaughtered at similar weights. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 1095–1103, 2014.

QUEIROZ, L. O. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros Santa Inês, abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 3, p. 712–722, set. 2014.

RAN-RESSLER, R. R. et al. Branched-chain fatty acid content of foods and estimated intake in the USA. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 112, n. 4, p. 565–572, 2014.

RAN-RESSLER, R. R.; BRENNA, J. T. Branched-Chain fatty acids in the neonatal gut and estimated dietary intake in infancy and adulthood. **Nestlé Nutrition Institute Workshop Series**, Basel, n. 77, 133–143, 2013.

RIPOLL, G.; ALBERTÍ, P.; JOY, M. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat colour and meat quality of light lambs. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 2, p. 457–464, 2012.

ROTA, E. D. L. et al. Corriedale e ideal sobre a qualidade da carne. **Revista Brasieira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, p. 487–491, 2004.

SANTOS-CRUZ, C. L. DOS et al. Correlation between lipid, cholesterol and fatty acid contents in the shoulder of castrated and non-castrated Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 7, p. 1775–1783, jul. 2012.

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

SAÑUDO, C.; MUELA, E.; DEL MAR CAMPO, M. Key factors involved in lamb quality from farm to fork in Europe. **Journal of Integrative Agriculture**, India, v. 12, n. 11, p. 1919–1930, 2013.

SAS INSTITUTE INC. **SAS® 9.4**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2017. p. 1–8.

SCERRA, M. et al. Effects of feeding fresh bergamot (Citrus Bergamia Risso) pulp at up to 35% of dietary dry matter on growth performance and meat quality from lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 169, p. 160–166, 2018.

SENEGALHE, F. B. D. et al. Chemical composition of meat from lambs slaughtered with different fat thicknesses**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 3, p. 740–753, 2014.

SMETI, S. et al. Effects of dose and administration form of rosemary essential oils on meat quality and fatty acid profile of lamb. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 158, p. 62–68, 2018.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease and dietary factors. **The Lancet**, London, v. 339, n. 8799, p. 987–988, 1991.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTON, J.; LEWIS, B. Polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.

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

VASTA, V. et al. Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation. **Meat Science**, Barking, v. 76, n. 4, p. 739–745, ago. 2007.

VIDAL, M. P. et al. Meat quality of beef from Nellore steers fed yerba mate supplemented diets. In: International congress of meat science and technology**,** 60.,

2014, Punta Del Este. **Abstracts…** Punta Del Este, 2014. p. 3–6.

VLAEMINCK, B. et al. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, n. 3–4, p. 389–417, dez. 2006.

WANG, Z. et al. Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. **Meat Science**, Barking, v. 146, n. 2, p. 131–139, 2018.

WATKINS, P. J. et al. Sheepmeat flavor and the effect of different feeding systems: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 61, n. 3561–3579, 2013.

WATKINS, P. J. et al. Effect of branched-chain fatty acids , 3-methylindole and 4-methylphenol on consumer sensory scores of grilled lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 1088–1094, 2014.

WOOD, J. D. et al. Manipulating meat quality and composition. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 58, n. 2, p. 363–370, 2011.

WHO. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva: WHO, 2003.

YAGOUBI, Y. et al. Rosemary distillation residues reduce lipid oxidation, increase alpha-tocopherol content and improve fatty acid profile of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 136, p. 23–29, Feb. 2018.

YOUNG, O. A. et al. Pastoral and species flavour in lambs raised on pasture, lucerne or maize. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. 2, p. 93–104, 2003.

ZAWADZKI, A. et al. Mate extract as feed additive for improvement of beef quality. **Food Research International**, Essex, v. 99, p. 336–347, Sept. 2017.

ZEOLA, N. M. B. L. et al. Parâmetros qualitativos da carne ovina: um enfoque à maturação e marinação. **Revista Portuguesa de Ciênicas Veterinárias**, Lisboa, v. 102, p. 215–224, 2007.

ZHAO, J. X. et al. Effect of dietary grape pomace on growth performance, meat quality and antioxidant activity in ram lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 236, p. 76–85, 2018.

ZHONG, R. Z. et al. Effects of dietary supplementation with green tea polyphenols on digestion and meat quality in lambs infected with Haemonchus contortus. **Meat Science**, Barking, v. 105, p. 1–7, July. 2015.

CAPITULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se iniciou este projeto de pesquisa constatou-se que nas últimas décadas, vem acontecendo mudanças nos hábitos de consumo das pessoas, devido a uma maior preocupação pela qualidade dos alimentos que consomem. Procurando assim, produtos cárneos que apresentem uma melhor composição e que possam contribuir com a manutenção ou a melhora da sua saúde. Como resposta a esta crescente demanda, estudos têm sido desenvolvidos a partir da utilização de compostos bioativos de plantas, funcionando como aditivos na alimentação animal. Plantas constituídas, principalmente, por ácidos fenólicos, possuem efeitos antioxidantes, os quais podem contribuir com o bem-estar das pessoas, retardar processos oxidativos, além de modificar a biohidrogenação em ruminantes, alterando o perfil de ácidos graxos presentes na carne. Tornando-se esta, a justificativa do presente trabalho que, a adição de extrato erva-mate *(Ilex paraguariensis* St. Hilaire) na alimentação de ovinos, dada sua composição, melhora a qualidade sensorial e atividade antioxidante na carne.

Este projeto teve como objetivo geral avaliar o efeito do extrato de erva-mate adicionado em dietas de ovinos, sobre a atividade antioxidante, qualidade, composição e conservação da carne. O objetivo geral foi atendido visto que a pesquisa conseguiu confirmar diferenças na composição dos ácidos graxos de cadeia ramificada, ácidos benéficos para a saúde. O uso da erva-mate não afetou as características normais de qualidade de carne, como também não incrementou os valores de oxidação. Na atividade antioxidante mensurada através das enzimas antioxidantes não se encontraram diferenças na sua proporção, estabelecendo que sua concentração pode evidenciar melhores resultados avaliando em animais *in vivo*.

O primeiro objetivo específico foi avaliar o estado físico-químico do corte ovino *Longissimus thoracis* (LT), embalado em bandejas de poliestireno cobertos por filme plástico, simulando tempo de varejo. Esse foi atendido devido ao estado físico-químico das amostras coletadas do músculo LT, submetidas a um período de exposição no varejo, foram influenciadas pelos tempos de exposição melhorando o valor de amarelo na carne

dos animais tratados com o extrato, sem apresentar efeitos negativos sobre características da carne.

No segundo objetivo foi quantificada a atuação antioxidante da erva-mate, como antioxidante natural sobre a estabilidade oxidativa de lipídios e proteínas, além da avaliação da atividade enzimática. No qual foi atingido, mas não foram confirmadas diferenças na estabilidade oxidativa de lipídios, proteínas e nem na atividade das enzimas antioxidantes para os grupos com adição do extrato em relação ao grupo controle.

No terceiro objetivo específico foram avaliadas a composição do perfil de ácidos graxos e lipídios totais presentes no músculo LT e seu possível efeito sobre a saúde humana. Esse foi alcançado, pois foram encontradas variações nas concentrações de ácidos graxos de cadeia ramificada, como componentes bioativos presentes nos lipídios da carne de ruminantes e cuja formação está relacionada com uma maior concentração de propionato no rúmen. No caso dos lipídios totais não apresentou diferenças entre os grupos avaliados. Por fim, no quarto objetivo, foi verificada a aceitação sensorial do músculo LT dos animais alimentados com as dietas experimentais. Esse também foi atingido, confirmando que o extrato não altera o sabor natural da carne ovina, e que o uso de níveis intermediários de erva-mate mostrou maiores valores na avaliação da maciez por parte dos provadores.

Esta pesquisa partiu da hipótese que a adição de extrato erva-mate na alimentação de ovinos, dada a presença de compostos bioativos e antioxidantes na sua estrutura, melhora a composição da qualidade sensorial e atividade antioxidante na carne. Durante o desenvolvimento do trabalho a hipótese foi confirmada de forma parcial, dado que o extrato da erva-mate teve poucos efeitos no status oxidativo sobre as características e na qualidade da carne. Confirmando assim, uma vez mais que os resultados no uso de antioxidantes naturais na alimentação de ruminantes são variáveis. Uma vez que, as concentrações de compostos fenólicos como os ácidos clorogênicos, ácidos hidroxibenzoicos ou taninos presentes nas plantas podem mudar de uma espécie para outra. Por exemplo, o bagaço da uva ou o alecrim vão ter uma proporção diferente de ácidos fenólicos simples ou polifenóis aos que estão presentes no extrato da erva-mate, o que gera variabilidade nos resultados. Muitas vezes estas mudanças estão

presentes na mesma planta, podendo ser afetada pelo tipo de solo e de adubação. Outro grande fator que pode influenciar os resultados do uso de antioxidantes, está relacionado com o tipo de dieta oferecida ao animal, se esta contém concentrado ou só forragem. Esta relação é muito importante visto que pode modificar o processo de biohidrogenação, uma vez que dietas com maior proporção dos ácidos graxos poli-insaturados podem diminuir o processo de biohidrogenação, incrementando a deposição deste tipo de ácidos graxos na carne.

Diante do exposto, é possível afirmar que o problema a ser respondido nesta pesquisa, foi atendido de forma parcial, embora não tenham sido apresentadas diferenças consideráveis esperadas em características físicas, sensoriais ou nos processos oxidativos, como também nas mudanças nas proporções de ácidos graxos poli-insaturados, se observou uma diferença na concentração dos ácidos graxos de cadeia ramificada, resultado positivo e revelador o qual merece atenção, pois estes ácidos contribuem com a saúde humana, mas se tem pouca informação, dada ausência de pesquisas com dados publicados a respeito.

A metodologia proposta, foi conduzida no confinamento com 36 cordeiros não castrados, mantidos em confinamento em gaiolas individuais por 53 dias, distribuídos num delineamento em blocos casualizado, totalizando 9 blocos. Recebendo dieta com uma relação volumoso:concentrado de 60:40 constituída, principalmente, por silagem de milho, grão de milho, farelo de soja, mistura de minerais e os níveis crescentes de extrato de erva-mate. Os animais depois deste tempo foram abatidos, e 45 minutos após o abate coletou-se 12g do músculo LT, para as análises das enzimas antioxidantes, foram armazenadas em nitrogênio líquido até o momento das análises. Após 24 horas do abate as carcaças foram desossadas e foi coletado o músculo LT o qual foi dividido em 11 bifes. Para realizar o estudo de vida útil, mensuração de características físicas e estabilidade oxidativa, foram usados 6 bifes. Por fim, para as análises de perfil de ácidos graxos, lipídios totais e análise sensorial utilizou-se os 5 bifes restantes.

Diante da metodologia proposta percebe-se que o trabalho poderia ter sido realizado com um número maior de animais, pois apesar que 36 animais sejam aceitos, quanto maior seja o tamanho da amostra experimental, menor é o erro experimental.

Entretanto o trabalho estava sujeito a disponibilidade animais no momento que foi desenvolvida a pesquisa, o que também pode ser observado na quantidade de blocos estabelecidos no estudo, devido a variabilidade existente no peso dos animais.

O estudo poderia ter apresentado resultados mais conclusivos se tivesse sido feita a análise da composição do perfil de ácidos graxos presentes nas dietas, dado que esses resultados mostrariam se a dieta continha maior quantidade de ácidos graxos poli-insaturados, podendo desta forma ser associados aos resultados obtidos. Por fim, a mensuração de enzimas antioxidantes na carne, como foi mencionado anteriormente, é variável, por isso se esta análise tivesse sido feita pouco tempo após a coleta das amostras, é provável que tivessem sido encontradas diferenças entre os grupos avaliados.

Em pesquisas futuras seria interessante avaliar um sistema de alimentação baseado em pastagens com suplementação do extrato da erva-mate, já que de acordo com resultados de algumas pesquisas, este tipo de dieta permitiria incrementar a atividade das enzimas antioxidantes e melhoraria a concentração de ácidos graxos poli-insaturados benéficos para a saúde das pessoas, como o ácido linoleico conjugado (CLA). Por outro lado, a comparação entre diferentes antioxidantes como aditivos naturais, poderiam ajudar a estabelecer a efetividade destas plantas sob condições de alimentação similares. Para terminar na avaliação de processos oxidativos em carne sugere-se realizar análises da atividade oxidante em sangue (no começo e final do período experimental), além de incluir análises complementares para a mensuração de carbonilas na oxidação das proteínas.